E 2010

REFERALVA

2301 121

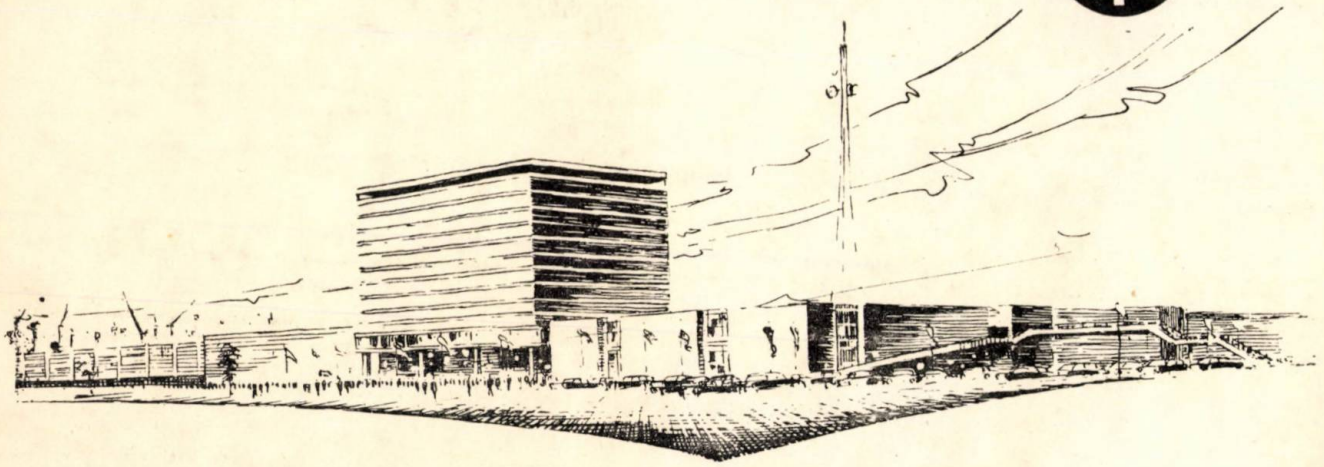
ELECTROTEHNICA

R

1

Electrotehnica — București ★ Anul 8 ★ nr. 1 ★ p. 1 – 40 ★ Ianuarie 1960

24 APRILIE — 3 MAI 1960

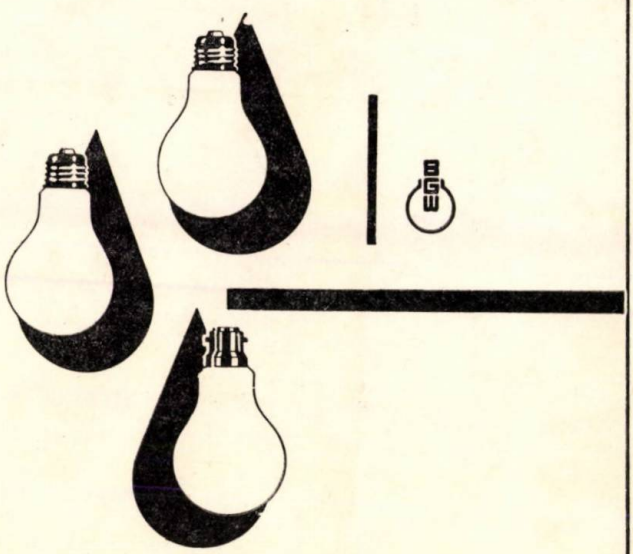


TÎRGUL INDUSTRIAL GERMAN DIN HANOVRA

TOATE DOMENIILE PRODUCERII, TRANSFORMĂRII, DISTRIBUIRII
ȘI UTILIZĂRII ENERGIEI ELECTRICE INCLUSIV A ELECTRONICEI

LĂMPI DE UZ COMUN

Lămpile de uz comun mai ocupă — cu toate modificările survenite locul cel mai amplu în tehnica iluminatului. In **Fabrica de becuri electrice din Berlin** se construiesc în fabricație de mare serie lămpi de uz comun pentru toate domeniile de tensiune uzuale, cu puteri de 15 — 200 W destinate tuturor țărilor din lume.



Informații:

AMBASADA REPUBLICII DEMOCRATE GERMANE
Secția Comercială — București — Calea Dorobanților, 14

RFT
Elektrotechnik

VIZITAȚI TÎRGUL DE PRIMĂVARĂ DIN LEIPZIG
DELA 28 FEBRUARIE — 8 MARTIE 1960

E 2040

ELECTROTEHNICA

Anul 8 nr. 1 ianuarie 1960

CUPRINS

Înainte, pe calea construirii socialismului.
Electrotehnica 8 (1960) 1, 1–2

CZ 621.314+621.316.5/9.0

Avramescu A.: **Principiile tehnico-economice ale construcției echipamentului de foarte înaltă tensiune.**
Electrotehnica 8 (1960) 1, 2–11

În lucrare sînt prezentate criteriile tehnico-economice generale referitoare la principiile construcției echipamentului de foarte înaltă tensiune. După indicarea unor criterii generale — cum sînt siguranța în exploatare, economicitatea soluțiilor adoptate etc. — sînt analizate amănunțit tendințele generale în modernizarea construcțiilor, și anume: reducerea tipurilor, majorarea performanțelor, reducerea greutății și a volumului. Se insistă asupra sistemului elementelor constructive și asupra tendințelor de progres specifice transformatoarelor de putere și de măsură, întreruptoarelor de putere, separatoarelor, descărcătoarelor și izolatoarelor. În concluzie se indică căile cele mai directe și eficace pentru fabricația modernă a echipamentului de foarte înaltă tensiune (200–400 kV). Numeroase figuri, tabele și o amplă bibliografie completează lucrarea.

CZ 621.3I3.2.047.2

Colta A.: **Studiu privind construcția și tehnologia fabricației de colectoare.**
Electrotehnica 8 (1960) 1, 11–19

În articol se studiază diferitele sisteme de strîngere a colectoarelor întîlnite curent în fabricația mașinilor de curent continuu, iar pentru un tip mai nou a cărui dimensionare și fabricație sînt insuficient tratate în literatură, se expun și principiile de dimensionare a pieselor de strîngere. Se dau recomandări orientative pentru alegerea soluțiilor constructive optime, în raport cu condițiile de fabricație existente în diferitele întreprinderi constructoare de mașini electrice.

CZ 621.312.316–758

Böer W și *Fritsche O.*: **Stadiul actual al rezistenței climatice la produsele electrotehnice.**
Electrotehnica 8 (1960) 1, 20–27

După cîteva observații generale în legătură cu problemele protecției climatice a utilajelor tehnice se prezintă clasificarea climelor pe baza considerentelor tehnice și sistemele de protecție climatică corespunzătoare. Sînt discutate condițiile de încercare climatică, prescripțiile și normele corespunzătoare pe baza cărora se stabilesc clase de încercări. În încheiere sînt studiate problemele legate de protecția suprafețelor, alegerea materialelor și tehnologia utilajelor supuse protecției climatice. Autorii consideră că problemele principale în legătură cu protecția climatică se pot considera actualmente rezolvate, ele trecînd din sfera cercetării în sfera fabricației.

CZ 621.315.613.1:621.313.322–81.045.13

Nanu A.: **Izolația mixtă: micabandă compoundată–micafoliu presat la cald, un nou sistem de izolare a barelor de stator din turbogeneratoare.**
Electrotehnica 8 (1960) 1, 28–31

Sistemul de izolare simplu cu micafoliu presat la cald pe barele de stator din turbogeneratoare, datorită deficiențelor prezentate, a fost înlocuit cu sistemul micabandă compoundată care astăzi se aplică. Cum și acest sistem prezintă deficiențe, în special din punct de vedere al omogenității grosimii stratului izolant și din punct de vedere mecanic, în lucrare se prezintă bazele teoretice și rezultatele experimentale ale unui nou sistem de izolare: sistemul mixt, care dă rezultate superioare acelora folosite pînă în prezent.

REFERATE, 32–35
DOCUMENTARE, 35–38
RECENZII, 38–39
CRONICA, 39–40

CONTENTS

Forward, on the path of building-up Socialism
Electrotehnica **8** (1960) 1, 1–2

DC 621.314+621.316.5/9.0
Avramescu A. : **Technico-economical building principles of very high-voltage equipment**
Electrotehnica **8** (1960) 1, 2–11

The paper is expounding the general technical and economic criteria related to the principles of building very-high-voltage equipment. After having indicated several general criteria, such as the working security, the economic efficiency of the adopted solutions, and so on, the general trends in modernizing the structures are analyzed in detail, viz. the reduction of the number of types, the enhancement of the performances, the weight and the volume reduction. It is insisted on the system of constructional elements and on the trends to advance which are specific to electrical power and instrument transformers, electrical switches, disconnector-switches, dischargers and insulators. In conclusion, the most direct and efficient ways for the modern manufacture of very-high-voltage equipment (200–400 kV) are shown. Numerous figures, tables and an ample bibliography supplement this paper.

DC 621.313.2.047.2
Cotta A. : **A study concerning the construction and the manufacturing technology of electrical machine commutators**
Electrotehnica **8** (1960) 1, 11–19

The paper deals with the different systems of tightening commutators, currently encountered in fabricating direct current machines and as for a newer type, whose dimensioning and manufacture are not sufficiently dealt with in the technical literature, the principles of dimensioning the quoins are being expounded. Recommendations are given as a guidance in choosing the optimum constructional solutions, corresponding with the existing conditions of fabrication in the different electrical machine building enterprises.

DC 621.312/316–758
Böer W. and *Fritsche O.* : **The present stage of the climatic resistance at electrical engineering-products**
Electrotehnica **8** (1960) 1, 20–27

After a few general remarks related to the problems of protecting the technical implements against climate effects, a classification of the different climates starting from technical considerations and suitable systems of climatic protection, are being presented. The conditions of climatic test, prescriptions and suited standard specifications are discussed, on which base testing classes are established. In conclusion, the problems, connected with the protection of surfaces, choosing material and implements technology undergone to climatic protection, are studied. In authors'opinion the main problems concerning the climatic protection may be presently considered as solved, as they have passed from the research phase unto the manufacturing sphere.

CZ 621.315.613.1 : 621.313.322–81.045.13
Nanu A. : **The mixed insulation — compounded mieaband — hot pressed mica-folio, a new insulation system of stator rods of turbo-generators**
Electrotehnica **8** (1960) 1, 28–36

The simple insulation system with hot pressed mica-folio on the stator rods of turbo-generators, was replaced, owing to its deficiencies occurred, by the compounded mica-band system, presently in application. As also this system presents shortcomings, particularly from the point of view of homogenousness of the insulant layer thickness, as well as from the mechanical standpoint, the paper describes the theoretical foundations and the experimental results of a new insulation system : the mixed system, which yields higher results than those of the systems applied hitherto.

REPORTS, 32–35
DOCUMENTATION, 35–38
BOOK REVIEWS, 38–39
CHRONICLE, 39–40

СОДЕРЖАНИЕ

Вперед, на пути строительства социализма.
Electrotehnica **8** (1960) 1, 1–2

ДК 621.314.621.316.5/9.0

Avramescu A.: **Технико-экономические закономерности конструирования установок сверхвысокого напряжения**
Electrotehnica **8** (1960) 1, 2–11

Представлены общие технико-экономические критерии закономерностей положенных в основу конструирования установок сверхвысокого напряжения Вслед за указанием критериев общего характера, в том учеле надежности эксплуатации, экономичности пртнятых решений и др., подробно анализируются общие тенденции в области модернизирования конструкции, а именно: сокрашение количества типов, улучшение достигаемых результатов, снижение веса и габаритов. Рассматриваются системы конструктивных узлов и прогрессивные тенденции в области силовых и измерительных трансформаторов, силовых прерывателей, разчединителей и изоляторов. В заключении указаны непосредственные эффективные способы современного производства установок свервысокого напряжения (200–400 кв).
Electrotehnica **8** (1960) 1, 2–11

ДК 621.313.2.047.2

Colta A.: **Исследование конструкции и технологии производства коллекторов**
Electrotehnica 8 (1960) 1, 11–19

Рассматриваются различные способы сборки коллекторов, обычно применяемых на производстве машин постоянного тока, а для более нового типа, расчет и производство которого мало освещены в литературе, излагаются закономерности расчета сборных деталей. Даются ориентировочные рекомендации по выбору оптимальных конструктивных решений применительно к существующим условиям производства на различных предприятиях, выпускающих электрические машины.

ДК 621.312/316–758

Böer W. u Fritsche O : **Нынешнее положение климатической сопротивляемости электротехнических изделий**
Electrotehnica **8** (1960) 1, 20–27

После замечаний общего характера в связи с вопросами климатический защиты технического оборудования, на основе технических соображений и соответствующих систем климатической защиты проводится классификация климатов. Обсуждаются условия климатических испытаний, соответствующие предписания и нормы, на основе которых определяются категории испытаний. Авторы полагают, что основные вопросы климатической защиты могут считаться разрешенными в связи с их переходом из стадии исследования в производственную стадию.

ДК 621.315.613.1 : 621.313.322–81.045.13

Напи А.: **Комбинированная компаундированная изоляция микалента-прессованный в горячем состоянии микафолий — новая система изолирования статорных стержней турбогенераторов.**
Electrotehnica **8** (1960) 1, 28–31

Вследствие ряда недостатков, обычная система изоляции прессованным в горячем состоянии микафолием на статорных стержнях турбогенераторов заменена ныне применяемой системой, состоящей из компаундированной микаленты. Учитывая, что в отношении равномерности толщины изолирующего слоя и с механической точки зрения, данная система также не лишена недостатков, в статье приводятся теоретические основы и экспериментальные результаты новой комбинированной системы изолирования, отличающейся лучшими результатами по сравнению с применяемыми до настоящего времени системами.

РЕФЕРАТЫ, 32–35
ДОКУМЕНТАЦИЯ, стр. 35–38
РЕЦЕЗИИ, 38–39
ХРОНИКА, стр. 39–40

INHALTSVERZEICHNIS

Vorwärts, auf dem Wege des Aufbaues des Sozialismus!
Electrotehnica **8** (1960) 1, 1–2

DK 621.314+621.316.5/9.0

Avramescu A.: **Die technisch-wirtschaftlichen Grundlagen beim Bau von Höchstspannungsausrüstungen**
Electrotehnica **8** (1960) 1, 2–11

Der Aufsatz bringt eine Darstellung der allgemeinen technisch-wirtschaftlichen Kriterien bzgl. der Grundsätze, die beim Bau von Höchstspannungsausrüstungen zu beachten sind. Nach Angabe einiger allgemeinen Kriterien — wie z. B. der Betriebssicherheit, der Wirtschaftlichkeit der gewählten Lösungen u. s. w. — werden die allgemeinen Tendenzen bei der Modernisierung der Anlagen eingehend untersucht, so z. B. die Herabsetzung der Typenanzahl, die Erhöhung der Leistungsfähigkeit, die Reduzierung des Gewichtes und des Volumens. Dabei wird auf das System der Bauelemente sowie auf die den Leistungstransformatoren und den Messwandlern, den Leistungsschaltern, den Trennschaltern, den Erdschlussschaltern und den Isolatoren eigenen Fortschrittstendenzen eingegangen. Als Schlussfolgerung gibt man die direktesten und wirksamsten Wege zur modernen Herstellung der Höchstspannungsausrüstungen (200—400 kV) an. Zahlreiche Abbildungen, Tabellen und eine reichliche Literaturangabe ergänzen die Arbeit.

DK 621.313.2.047.2

Cotta A.: **Ein Studium bzgl. Bau und Fabrikationstechnologie von Kommutatoren**
Electrotehnica **8** (1960) 1, 11–19

Der Aufsatz behandelt verschiedene Systeme zum Festziehen der in der Erzeugung von Gleichstrommaschinen laufend angetroffenen Kommutatoren. Für eine neuere Type, deren Abmessungen und deren Herstellung ungenügend in der Fachliteratur behandelt werden, erörtert man auch die Gesichtspunkte bzgl. der Bemessung der Teile zum Zusammenhalten. Es folgen allgemeine Anweisungen zur Wahl der besten Fabrikationslösungen mit Rücksicht auf die in den verschiedenen Elektromaschinenfabriken jeweils bestehenden Fabrikationsmöglichkeiten.

DK 621.312/316–758

Böer W. und *Fritsche O.*: **Der jetzige Stand der klimatischen Festigkeit elektrotechnischer Erzeugnisse**
Electrotehnica **8** (1960) 1, 20–27

Nach einigen allgemeinen Betrachtungen im Zusammenhang mit der klimatischen Festigkeit der technischen Erzeugnisse, werden die Einteilung der Klimate nach technischen Gesichtspunkten sowie die entsprechenden klimatischen Schutzmassnahmen behandelt. Es werden die klimatischen Prüfbedingungen sowie die Vorschriften und die entsprechenden, für die Festsetzung der Versuchsklassen massgebenden Normen behandelt. Abschliessend folgt eine Erörterung der Probleme im Zusammenhang mit dem Oberflächenschutz, der Wahl der Baustoffe und der Technologie der zu schützenden Gegenstände. Die Verfasser betrachten die mit dem Klimaschutz verbundenen Hauptaufgaben als gelöst und dementsprechend aus dem Forschungs- in den Fabrikationsstand übergegangen.

DK 621.315.613.1 : 621.313.322–81.045.13

Nanu A.: **Die gemischte Isolation aus kompoundiertem Mikanitband und warmgepresstem Mikanitblättern, ein neues Isolierungssystem der Statorstäbe bei Turbogeneratoren**
Electrotehnica **8** (1960) 1, 28–31

Das einfache Isolierungssystem mit warmgepressten Mikanitblättern auf den Statorstäben von Turbogeneratoren wurde wegen seiner festgestellten Nachteile durch das heute angewandte System des kompoundierten Mikanitbandes ersetzt. Da auch dieses letztgenannte System Nachteile aufweist und zwar besonders bzgl. Gleichmässigkeit der Stärke der Isolationsschicht sowie vom mechanischen Standpunkt, bringt der Aufsatz die theoretischen Grundlagen und die Versuchsergebnisse einer neuen Isolationsart, der gemischten Isolation. Diese erwies sich den bisher verwendeten Isolationen als überlegen.

REFERATE, 32–35.
RUNDSCHAU, 35–38
BÜCHER, 38–39
CHRONIK, 39–40

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ȘI AL MINISTERULUI INDUSTRIEI GRELE

Anul 8 nr. 1 București, ianuarie 1960

Înainte, pe calea construirii socialiste în anul 1960

În expunerea tovarășului Gheorghe Gheorghiu-Dej la plenara C.C. al P.M.R. din 3—5 decembrie 1959 s-au arătat succesele oamenilor muncii din țara noastră pentru îndeplinirea și depășirea planului de stat pe anul 1959. În același timp s-au trasat liniile mari ale planului pe anul 1960, care evidențiază continuarea într-un ritm și mai rapid a dezvoltării economiei țării noastre.

Redăm pe scurt acele obiective din acest măreț plan de activitate, care se referă direct sau indirect la industria noastră electrotehnică.

Se prevede o creștere a venitului național cu 12,5% față de 1959, fondul de acumulări reprezentînd aproximativ o cincime, iar fondul de consum patru cincimi. Din totalul investițiilor industriale — care reprezintă 59% din volumul tuturor investițiilor — se prevăd circa 39% pentru industria energetică și a combustibililor, circa 19% pentru siderurgie, metalurgie neferoasă și industria constructoare de mașini — — care include și industria electrotehnică.

Printr-o mai bună utilizare a capacității de producție se prevede o creștere a întregii producții industriale cu 14%, deci cu aproximativ 40% mai mult decît în anul precedent. În acest cadru, producția siderurgică va crește cu peste 28%, cea a construcțiilor de mașini cu 17%, cea a energiei electrice și termice cu 20%, deci cu un ritm mai rapid decît cel mediu pe întreaga industrie.

Producerea energiei electrice se va ridica în 1960 la 7,7 miliarde kWh, înregistrînd o creștere de 14%. Se vor pune în funcțiune noi grupuri generatoare în centralele de la Borzești, Timișoara, Arad. Se va mări durata de utilizare a centralelor electrice.

Se prevede ca industria constructoare de mașini și cea electrotehnică să alimenteze celelalte industrii, anume cea siderurgică, chimică, industria materialelor de construcții, telecomunicațiile, transporturile, agricultura, silvicultura cu utilajul necesar pentru dezvoltarea lor armonioasă și rapidă.

Proiectul de plan prevede o creștere a productivității muncii în industrie cu 11% față de 1959. Peste 80% din creșterea producției se va realiza prin ridicarea productivității muncii. În același timp, prin reducerea prețului de cost al produselor și a cheltuielilor se prevede realizarea unor economii în valoare de 5,2 miliarde lei, deci de trei ori mai mare decît în anul 1958.

Din datele comunicate în expunerea la plenara din 3—5 decembrie reiese, fără îndoială, că „ritmul rapid" de dezvoltare a economiei naționale nu numai că va continua în anul 1960, dar chiar se va accelera. În consecință, pentru muncitorii, tehnicienii și inginerii din întreprinderile productive, din exploatări și din institute rezultă sarcini importante privind mărirea producției și îmbunătățirea indicilor fundamentali, ca productivitatea muncii, reducerea prețului de cost.

În coloanele editorialelor noastre și în multe articole publicate în revistă în anii trecuți s-au pus în evidență mijloacele și metodele care stau la dispoziția inginerilor și tehnicienilor pentru îndeplinirea acestor sarcini. Printr-o atentă examinare și urmărire a proceselor productive se pot descoperi capacități de producție neutilizate sau incomplet folosite, risipe de materii prime, de materiale neferoase, de spații neutilizate. Aceste deficiențe trebuie să fie semnalate imediat, puse în discuție împreună cu propuneri concrete de înlăturarea lor și remediate pe toate căile posibile. Automatizarea și mecanizarea proceselor de producție constituie un mijloc eficace și sigur pentru ridicarea productivității muncii. La mica mecanizare, mai ales a muncilor grele, pot contribui larg inginerii și tehnicienii din secțiile productive, mult înainte ca cei din conducere sau din birourile de proiectări să se seziseze de variatele posibilități de îmbunătățire a proceselor de producție. Micșorarea consumurilor specifice de materii prime, combustibil, energie electrică etc. trebuie urmărită prin acțiuni de masă, pînă la ultimul muncitor, pînă la ultima mașină sau instalație. Pentru îmbunătățirea factorului de putere, industria noastră electrotehnică pune la dispoziție condensatoare defazoare de bună calitate. Este datoria institutelor de proiectări de instalații industriale de a tipiza și difuza proiecte unificate pentru instalarea și exploatarea corespunzătoare a acestor condensatoare.

Trecerea la producția în serie, la utilizarea benzilor ruiante, împreună cu automatizarea proceselor de producție, contribuie deopotrivă la mărirea producției și la reducerea prețului de cost. Pentru aceasta se cere o acțiune prealabilă vastă pentru alegerea, tipizarea și standardizarea de întregi serii de mașini și aparate. Se impune a se elabora cît mai urgent seria unitară nouă de motoare asincrone, cu indici ridicați, cu consum de material redus și cu tehnologie simplă; de asemenea, seria unitară de transformatoare, în diferite variante, cu înfășurări din cupru, din aluminiu, cu tole normale sau cu tole (laminate la rece) avînd pierderi reduse. Producția va trebui să se axeze pe mașinile de mare eficacitate și bazate pe materiile prime disponibile. Seria unitară a aparatelor de conectare, intrată în fabricație pentru joasă tensiune, trebuie introdusă în mod consecvent la toate aparatele de conectare, inclusiv cele de înaltă tensiune. În proiectări trebuie să se tindă pe toate căile posibile la atingerea nivelului mondial al tehnicii spre a se garanta succesul produselor noastre la export.

Nu trebuie uitată specializarea continuă a întreprinderilor, colaborarea strînsă cu întreprinderi sau institute din sector, coordonarea producției pe regiuni. Aceste acțiuni pot de asemenea să reducă cheltuielile și să dea economii importante.

Cercurile ASIT au în toate aceste acțiuni un rol foarte important. Ele trebuie să urmărească îndeplinirea și depășirea sarcinilor de plan, dar în același timp să vegheze asupra progresului tehnic, să combată rutina, să promoveze mișcarea de inovații, invenții și raționalizări, să încurajeze întrecerile socialiste. Masa mare a inginerilor și tehnicienilor organizații în ASIT poate contribui în mod eficace la îndeplinirea și depășirea sarcinilor de îmbunătățire a indicilor fundamentali ai producției. Dar pentru aceasta ei trebuie să cunoască atît problemele cît și soluțiile tehnice cele mai moderne și să fie la curent cu necesitățile urgente ale economiei generale și cu ultimele progrese ale tehnicii mondiale.

Revista noastră își propune să contribuie din răsputeri la atingerea acestor sarcini importante. Comitetul de redacție a hotărît în acest scop să adauge la tematica generală, apărută în nr. 1/1959, o tematică specială pe anul 1960, în care s-au introdus probleme asupra cărora trebuie îndreptată atenția cu precădere. Astfel de probleme sînt: seriile mari unitare de mașini, transformatoare și aparate, fabricații din elemente tipizate, introducerea materialelor izolante noi, a semiconductoarelor, promovarea automatizării și a reglărilor automate, introducerea elementelor de circuit moderne în aparate ca rezistențe variabile bobine saturate, redresoare, in-

troducerea iluminatului fluorescent, electrificarea căilor ferate, modernizarea instalațiilor electrochimice și electrometalurgice etc. Revista va milita pentru fundamentarea științifică a proceselor productive, pentru îmbunătățirea măsurătorilor de control, pentru lărgirea cercetărilor științifice îndreptate spre obiective cu importanță tehnico-economică, pentru o mai bogată utilare a laboratoarelor din întreprinderi și institute, pentru perfecționarea cadrelor tehnice, pentru însușirea tehnicii celei mai înaintate.

Făcînd un călduros apel la inginerii și tehnicienii electricieni pentru a se înscrie în primul rînd al luptei pentru îmbunătățirea indicilor fundamentali, pentru introducerea tehnicii noi, pentru economii și pentru reducerea prețului de cost, urăm tuturor cititorilor noștri și tuturor muncitorilor, tehnicienilor și inginerilor din sectorul electrotehnic spor la muncă și noi succese în construcția socialismului la noi în țară, spre ridicarea la un nivel și mai înalt a bunăstării maselor populare în anul 1960.

Principiile tehnico-economice ale construcției echipamentului de foarte înaltă tensiune

A. Avramescu — București*

CZ 621.314+621.316.5/9.0

In sensul hotărîrilor luate la ultimele plenare ale C.C. al Partidului Muncitoresc Romîn, problemelor economice și tehnico-economice le revine o mare importanță. În lucrarea de față se pun în discuție aceste probleme în legătură cu construcția la noi în țară a echipamentului stațiilor de foarte înaltă tensiune. Se scot în evidență principiile generale constructive, care asigură o reducere a prețului de cost. Pentru o documentare de detaliu se trimite la lucrări de specialitate.

Avîntul rapid al industrializării țării și dezvoltarea corespunzătoare a electrificării impun sarcini importante industriei electrotehnice, în sensul lărgirii sortimentelor și adoptării unor construcții moderne [1]. O astfel de problemă este asimilarea construcției în țară a echipamentului de foarte înaltă tensiune. Abordarea acestei noi trepte de tensiune presupune o pregătire științifică și tehnică deosebită, avînd în vedere solicitările speciale, proprii tensiunilor foarte înalte și puterilor mari, performanțele ridicate ale construcțiilor moderne și cerințele pentru construcții cît mai economice.

În conformitate cu Hotărîrea Plenarei C.C. al P.M.R. din 26—28 noiembrie 1958, problemelor tehnico-economice trebuie să li se acorde o mare atenție, ceea ce se aplică la alegerea soluțiilor optime pentru asimilarea construcției și fabricarea echipamentului de foarte înaltă tensiune. Hotărîrile care se vor lua vor trebui bine cumpănite, avînd în vedere urmările grave ale unor eventuale greșeli sau ale lipsei unei maleabilități suficiente [2].

Atitudinea justă trebuie să fie condusă de experiența cumulată în construcția și exploatarea echipamentului similar, atît în țară cît și în străinătate [3]. Din examinarea dificultăților întîmpinate se pot deduce sau corecta principiile constructive fundamentale, astfel ca soluțiile adoptate să devină în același timp optime din punct de vedere tehnic și economic [4].

Condițiile impuse de construirea socialismului sînt esențial diferite de cele ale orînduirii capitaliste. Din acest motiv soluțiile adoptate în țările industriale din vest nu se pot aplica fără discernămînt la noi. Orice considerație izvorîtă din interese de concern, monopol, etc. devine anacronică și fără sens. Tipizarea și standardizarea construcțiilor se pot urmări și realiza cu toată energia și libertatea de acțiune.

Pentru o repartizare mai economică a sarcinilor și atingerea unei specializări înaintate trebuie să se țină seama de lucrările colaborării economice între statele socialiste.

Criterii constructive generale

Înainte de a discuta problemele specifice ale construcției și asimilării echipamentului electric, este util a se reaminti unele din criteriile fundamentale care stau la baza oricărei realizări tehnice, deoarece aceste criterii au interpretări utile în problemele specifice, care interesează aici.

Siguranța în exploatare este primul și cel mai important criteriu. Formulat în toată generalitatea lui, criteriul înglobează siguranța personalului și a instalațiilor. Se știe că normele și standardele care reglementează construcția și exploatarea instalațiilor electrice țin seama în primul rînd de securitatea personalului manipulant și de supraveghere. Menținerea în bună stare de funcționare a echipamentului este al doilea obiectiv al măsurilor de siguranță. Continuitatea serviciului devine — în instalațiile de producerea și distribuția energiei — obligatorie, deoarece întreruperi de alimentare afectează industriile și exploatările din toate celelalte sectoare.

De aici se poate deduce inutilitatea proiectării și construirii unui echipament electric care nu funcționează cînd, și atît cît trebuie. Aparatele și mașinile trebuie să permită o exploatare

* Prof. dr. ing. *Aurel Avramescu*, membru corespondent al Academiei R.P.R., este șef de laborator la Institutul de Cercetări Electrotehnice.

sigură și neîntreruptă. În cadrul acestei și nu în afara acestei condiții, construcția cea mai economică are întîietate[2].

Condiția de securitate în exploatare mai implică alegerea unor construcții simple, clare, robuste, ușor de manevrat și de supravegheat, de asemenea uzură redusă sau posibilitatea de a schimba părțile uzate.

Economicitatea soluțiilor constructive reprezintă antiteza condițiilor de securitate în funcționare. Ea pune limite unor pretenții excesive privind întrebuințarea de materiale scumpe, procesele tehnologice complicate, greutate și volum specific mare.

Important este de a nu judeca economicitatea transportului și distribuțiilor electroenergetice numai pe baza costului (de altfel major) al liniilor și de a include și costul stațiilor în considerații. De asemenea de a ține seama în costul echipamentului de avantajele economice care rezultă din reducerea tipurilor, îmbunătățirea tehnologiei, fabricația cu flux continuu, înserierea de elemente constructive egale etc.

Adaptarea la scopul prevăzut este un alt criteriu constructiv general. Pentru aceasta se cere proiectantului și constructorului să cunoască în prealabil toate solicitările la care unitățile construite ar putea să fie supuse în timpul funcționării lor și să prevadă o construcție care poate rezista acestor solicitări.

Cumularea scopurilor în același aparat sau mașină nu dă rezultate decît rareori. Este preferabil ca pentru un scop să se prevadă un singur aparat adecvat.

Capacitatea tehnică a cadrelor și performanțele utilajului definesc și limitează caracterul produselor. Însușirea tehnicii înaintate este singura cale spre produse de înaltă tehnicitate. Fabricile vor trebui să fie echipate cu utilaj modern. Ele vor prefera însă, la performanțe egale, să asimileze produse a căror construcție și tehnologie este mai simplă, spre a putea garanta în condiții date calitatea produselor.

Cercetarea științifică este chemată a da indicații privind materialele noi, metodele de verificare și încercare și, în general, privind soluțiile problemelor tehnice de viitor. Cu cît nivelul tehnic al producției crește, cu atît cercetărilor științifice ale pregătirii le revine un rol mai important. Dotarea institutelor de cercetări cu laboratoare corespunzătoare și cu cadre de înaltă calificare contribuie indirect dar foarte eficace la ridicarea tehnicității fabricației, la adoptarea și asimilarea unor soluții tehnice juste și de înaltă tehnicitate. Cercetări teoretice bine dirijate pot să îndrumeze pe cele experimentale, reducînd de multe ori efortul material necesar, precizînd și îngustînd domeniul de cercetare [4].

Tendințe generale în modernizarea construcțiilor

Din examinarea continuă și atentă a tipurilor noi de mașini și aparate, din compararea performanțelor cu ajutorul unor indici tehnico-economici și din aplicarea consecventă a principiilor tehnologice înaintate, rezultă anumite căi de dezvoltare preferate, a căror identificare este de cea mai mare importanță pentru îndrumarea justă a industriei noastre. Unele din acestea se pot numi tendințe generale, ele referindu-se la toate sau la multe categorii de echipament, altele, din contra, se aplică numai anumitor tipuri constructive [5].

Reducerea tipurilor prin măsuri de normalizare a parametrilor favorizînd specializarea întreprinderilor reprezintă o operație de cea mai mare eficacitate economică. Ea este prevăzută și susținută în expunerea la plenara C.C. al P.M.R. din 26—28 noiembrie 1958. Oricînd actuală, combaterea „fărîmițării producției", a suprapunerii programelor de fabricație aduce economii mari și asigură în același timp ridicarea calității produselor. Măsurile se iau prin standardizare și prin reprofilare. Organizațiile internaționale de coordonare și colaborare tehnică (CEI, CAER) își înscriu cu predilecție în activitatea lor teme de tipizarea echipamentului, unificarea măsurătorilor și încercărilor etc., tocmai pentru că incidența tehnico-economică a acestor măsuri este neobișnuit de mare [6]. În condițiile dezvoltării industriei socialiste neexistînd tendințe și concurențe monopoliste, unificarea tipurilor se poate urmări cu toată consecvența [2].

Dar această reducere a tipurilor trebuie să se facă ținînd seama de toți factorii care intervin și de posibilitățile tehnologice.

Este important a se prevedea dispoziții tranzitorii pînă la adaptarea integrală, deoarece modificarea liniilor de fabricație cere o pregătire prealabilă.

Un exemplu al reducerii tipurilor, pe linie internațională, este recomandarea CEI referitoare la scara de puteri de rupere și de curenți nominali pentru întreruptoare de foarte înaltă tensiune [7] (tabela 1).

Pentru cinci clase de tensiuni și șase valori ale puterii nominale de rupere s-au normalizat numai opt tipuri de aparate. Cunoscînd dificultățile de fabricație ale întreruptoarelor mari, reducerea tipurilor este o măsură binevenită pentru fabrici, dacă bineînțeles beneficiarii se încadrează și ei în aceste norme. Ar fi deci indicat ca această recomandare să fie asimilată cît mai curînd printr-un standard de stat.

Majorarea performanțelor este semnul exterior al procesului tehnic. Odată cu extinderea și interconectarea rețelelor crescînd puterile nominale și de scurtcircuit, cresc aproape toate solicitările echipamentului electric. Trecerea

Tabela 1

Norme pentru întreruptoare (CEI)

Tensiunea		Puterea de rupere MVA	Curentul nominal în A I ap. de interior, E ap. de exterior.
de serie	nominală		
kV	kV		
110		2 500	IE 800
și	110	3 500	IE 1 250
110 E		5 000	E 1 600
		7 500	E 1 600
220		5 000	E 800 —
și	220	7 500	E 1 600
220 E		10 000	E 1 600
380 E	380	15.000	E 2 000

la treapta de tensiune de 220 kV obligă la luarea în considerare a unor efecte care pe treapta de 110 kV încă nu se manifestă intens, ca de ex. efectul Ferranti, efectul corona etc. La aceste solicitări se face față prin mărirea corespunzătoare a rezistenței echipamentului, rezistență caracterizată prin „stabilitatea" față de eforturi și solicitări. Se fixează limite sau niveluri de stabilitate electrică, mecanică, termică [8].

S t a b i l i t a t e a e l e c t r i c ă garantează rezistența fără perturbații interne și externe la supratensiuni permanente și tranzitorii, de origină internă și atmosferică. Măsurile de evitare a descărcărilor electrice superficiale pe izolatori prin rotunjiri și ecrane privesc acest nivel.

Repartizarea uniformă a tensiunii pe elemente izolate legate în serie, de exemplu pe camerele de stingere ale întreruptoarelor, pe elementele unei coloane de descărcătoare etc. se asigură cu ecrane sau (eventual și) cu potențiometre rezistive sau capacitive.

Înfășurările transformatoarelor se execută după scheme noi (antirezonante) pentru asigurarea repartizării uniforme a tensiunii la impuls sau pentru evitarea unor gradienți de potențial prea mari în interiorul cuvei.

S t a b i l i t a t e a m e c a n i c ă înseamnă rezistență față de eforturi mecanice. La aparatele de conectare de foarte înaltă tensiune, distanțele între contacte deschise devenind de ordinul metrilor, iar timpul de manevră reducîndu-se la 2 — 3 perioade, forțele dinamice devin foarte mari, uneori prohibitive. De aceea se manifestă o tendință de a se renunța de exemplu la separatorul combinat cu un întreruptor. Chiar dacă lama se execută din aluminiu, accelerațiile mari și dificultățile amortizării impun alte soluții. O rigiditate suficientă la tensiune se obține prin punerea sub presiune de 10 — 18 at a spațiului dintre contactele principale, cursa contactelor de întrerupere putînd fi redusă considerabil, dată fiind și compartimentarea pe mai multe camere de stingere în serie.

Înălțimea foarte mare a izolației principale impune o bază solidă care consumă o cantitate apreciabilă de material ceramic. Aceste stative se fac de obicei tripiede pentru a garanta o stabilitate suficientă [9]. Construcții noi (propuse și experimentate în Franța) prevăd suspendarea descărcătoarelor și întreruptoarelor pe lanțuri de izolatori de portalele stației, realizîndu-se o economie de material ceramic special [10]. Pentru solidarizarea coloanelor de izolatori se întrebuințează pe scară largă ancore izolatoare, care dau un nou aspect caracteristic construcțiilor (de exemplu întreruptoarelor sovietice și BBC).

Cerințele pentru porțelan de mare rezistență mecanică au crescut considerabil și fabricile au răspuns în oarecare măsură cu noi sortimente avînd o mai mare rezistență la tracțiune, ceea ce a permis punerea sub presiune interioară de 15 — 18 at a coloanelor întreruptoarelor, deci utilizarea izolatoarelor drept conducte de mare secțiune pentru aer comprimat.

S t a b i l i t a t e a t e r m i c ă se îmbunătățește prin introducerea unor materiale cu pierderi reduse, ca tolele laminate la rece (P_{10} = = 0,6 W/kg) și prin intensificarea răcirii. Progresele realizate din acest punct de vedere sînt mari și soluțiile variate [11].

Introducerea tolelor cu pierderi mici permite a încadra puteri din ce în ce mai mari de transformator în gabaritul căilor ferate, limita realizată fiind de 150 MVA la unități trifazate și de 220 MVA la unități monofazate.

Conductorii masivi se ventilează prin fante practicate în secțiune. Circulația mijlocului de răcire se studiază amănunțit pe baza legilor aero- sau hidrodinamicii. La transformatoare mari se forțează atît circulația de ulei (F) cît și circulația aerului de răcire a uleiului (A), la volum și greutate egale cîștigîndu-se 1/3 din putere [12]. O soluție interesantă prevede răcirea prin evaporare a transformatoarelor, mijlocul de răcire fiind SF_6 (hexafluoridul de sulf), dielectric foarte bun, care se utilizează și ca mijloc de stingere a arcului în întreruptoare. Cuvele cu ulei se „mulează" pe miezuri spre a realiza o circulație și evacuare îmbunătățită a căldurii. Mijloacele pentru mărirea eficacității răcirii nu sînt încă epuizate, iar rezistența materialelor la încălzire devine din ce în ce mai mare. Astfel se așteaptă ca stabilitatea termică să continue a fi îmbunătățită.

T r o p i c a l i z a r e a e c h i p a m e n t u l u i se impune tot mai mult în legătură cu exportul în țările slab dezvoltate. Măsurile de tropicalizare sînt complexe și cer o pregătire științifică, tehnică și tehnologică temeinică.

Reducerea greutății și volumului echipamentului se urmărește prin toate mijloacele. Ea

rezultă complex din măsurile de creștere a performanțelor și de utilizare rațională a materialelor. Indicii specifici care exprimă reducerea sînt greutatea și volumul pe unitatea de putere nominală sau curent nominal. Reducerea atinsă este considerabilă (de 1/3 la introducerea tolelor laminate la rece), mai ales la unități mari, evoluția nefiind încă încheiată. De exemplu, la un transformator de 20 MVA construit în R.D.G., greutatea specifică este de 3,75 t/MVA. În Franța o unitate similară se construia în 1952 tot cu o greutate specifică de 3,7 t/MVA, pe cînd în 1959 se realizează cu 1,3 t/MVA.

Întreruptoarele de 110 kV au ajuns la greutăți specifice subunitare în kg/MVA, evoluția fiind deosebit de pregnantă în Cehoslovacia și în R.D.G. La 220 kV, greutatea specifică de 3 kg/MVAr din R.P.U. a fost înjumătățită de execuția din R.F.G.

Sistemul elementelor constructive

Ca mijloc important de reducere a prețului de cost în fabricație se recunoaște azi specializarea producției și tipizarea produselor. Cîștigul se poate mări dacă, pe lîngă reducerea tipurilor fabricate, acestea se realizează din elemente unitare, oarecum „prefabricate" (Baukastensystem), performanțe diferite atingîndu-se prin adăugarea, respectiv colaționarea mai multor elemente identice sau diferite. Această metodă constructivă este cu atît mai eficace în construcția echipamentului de foarte înaltă tensiune, cu cît seriile de unități sînt mai reduse, nefiind vorba de articole de masă. Elementele constructive unitare contribuie la mărirea cantității de produse fabricate în aceleași condiții, reprezentînd deci un mijloc recunoscut pentru scăderea prețului de cost.

Efortul pe care proiectanții și constructorii trebuie să-l facă spre a dezvolta o serie de aparate din elemente constructive nu trebuie subevaluat. Se cere ca alegerea tipurilor și elementelor să se facă ținînd seama de toate considerațiile și dificultățile exploatării, de gabaritele și posibilitățile fabricilor, ale laboratoarelor de cercetare și verificare etc. Ca exemple amintim încercările de a se unifica și mecaniza construcția bobinelor din transformatoarele mari [13] și compunerea întreruptoarelor de putere din camere de stingere unitare legate în serie [14].

Avantajele, mai ales la întreruptoare, sînt foarte mari. Aceeași cameră de stingere se poate construi pentru toată seria de întreruptoare de putere a căror tensiune depășește 60 kV. Astfel un cap dublu cu camere de stingere pneumatice, avînd o tensiune nominală de 80 kV și o putere de rupere de 1 800 MVA, se poate utiliza la realizarea de întreruptoare de 110, 220 și 400 kV, rezultînd unități cu puteri de rupere de respectiv 3 500, 5 000, 10 000 MVA (tabela 2). Dacă tensiunea nominală a unui cap dublu se poate ridica la 110 kV și puterea de rupere la 3 500 MVA, cu indicii de greutate reduși considerabil, se pot atinge performanțele care se cer azi prin recomandările CEI (tabela 1). Acesta este obiectivul străduințelor din U.R.S.S., R. D. G., R. Cehoslovacă (fig. 1).

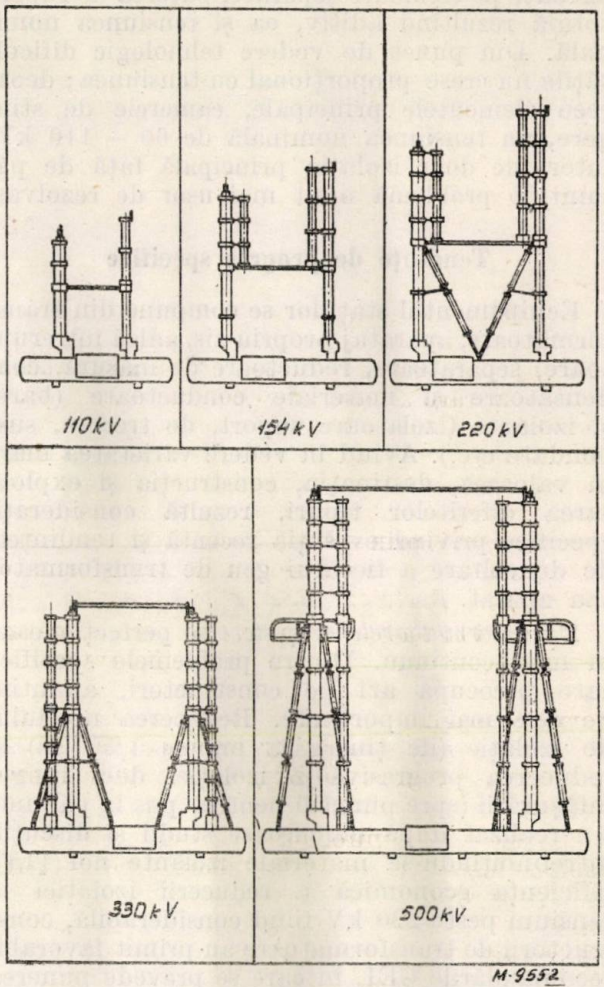


Fig. 1. Seria unitară de întreruptoare automate pneumatice dezvoltată în U.R.S.S.

Foarte important este că, dacă se iau măsuri eficace pentru repartizarea uniformă a ten-

Tabela 2

Compunerea întreruptoarelor de putere pneumatice din elemente constructive

Fabricație		Țara	R.F.G.	Elveția	R.D.G.	Franța
		Firma	A.E.G.	B.B.C.	R.T.O.	Delle
Tensiune unitară		kV	60	80	110	100
Putere de rupere unitară		MVA	2 000	1 800	—	4 200
Nr elemente în serie pentru	110 kV		2	2	1	1
	220 kV		4	3	2	2
	380 kV		6	5	4	4
	500 kV		—	—	—	6

siunii pe elemente atît la declanșare (cu rezistențe), cît și înainte de anclanșare (cu condensatoare), nu este nevoie a se încerca *întregul întreruptor* la putere de rupere (ceea ce de altfel nu este posibil în laboratoarele existente, ci numai la barele hipercentralelor), ci este suficient ca încercările să se execute pe elemente separate, puterea de rupere totală rezultînd aditiv, ca și tensiunea nominală. Din punct de vedere tehnologic dificultățile nu cresc proporțional cu tensiunea; deoarece elementele principale, camerele de stingere, au tensiunea nominală de 60 — 110 kV, intervine doar izolația principală față de pămînt, o problemă mult mai ușor de rezolvat.

Tendințe de progres specifice

Echipamentul stațiilor se compune din transformatoare, aparataj propriu-zis, adică întreruptoare, separatoare, reductoare de măsură, condensatoare și materiale conductoare (bare) și izolante (izolatoare suport, de trecere, suspendate etc.). Avînd în vedere varietatea mare în valoarea, destinația, construcția și exploatarea diferitelor tipuri, rezultă considerații specifice privind evoluția recentă și tendințele de dezvoltare a fiecărui gen de transformator sau aparat.

Transformatoarele de putere se perfecționează în mod continuu. Dintre problemele specifice care preocupă azi pe constructori, amintim pe cele mai importante. Reducerea nivelului de izolație (de ținere la impuls 1/50 μs) și reducerea progresivă a izolației de-a lungul înfășurării (spre punctul neutru, pus la pămînt) s-a realizat după numeroase studii și discuții, întrebuințîndu-se materiale izolante noi [15]. Eficiența economică a reducerii izolației la tensiuni peste 220 kV fiind considerabilă, constructorii de transformatoare au primit favorabil recomandările CEI, în care se prevede punerea directă la pămînt a neutrului acestor rețele. Cîștigul este de peste 20% în tensiunea de încercare și aproape 30% la costul izolației, deoarece intervine reducerea progresivă (teoretic 1/2.20 = = 10%).

O reducere suplimentară de izolație permite execuția „antirezonantă" a înfășurării, care evită reflexiile undelor de supratensiune și asigură o repartizare uniformă a tensiunii de impuls. Se cunosc azi propuneri concrete pentru astfel de execuții ale înfășurărilor și cu siguranță că se vor găsi și alte soluții tehnice. Unități mari construite după aceste principii și încercate la impuls în laborator se livrează în cuve sudate, care nu se mai pot desface decît în fabrică, constructorul presupunînd că au o siguranță de 100% față de defecte ale izolației.

Transportabilitatea pe calea ferată a unei puteri din ce în ce mai mari se urmărește cu asiduitate. Unități monofazate de 220 MVA și trifazate de 150 MVA se pot construi în execuție transportabilă [16]. Tensiunea joacă și ea un rol, peste 220 kV izolatorii neputînd fi montați decît în stație, la montare.

Reducerea pierderilor se datorește introducerii unor materiale de calitate superioară, ca tolele laminate la rece. De raportul pierderilor în fier și cupru (aluminiu) depinde economicitatea în exploatare [17]. Prin forme adecvate ale miezurilor, ale bobinajului și ale cuvei se poate îmbunătăți răcirea, deci puterea pe unitatea de volum. Răcirea nu se mai lasă pe seama circulației naturale în interiorul cuvei, ci se conduce și se activează prin circulația forțată a uleiului (F), iar acesta se răcește în radiatoare de căldură interioare sau exterioare cu aer ventilat (S) sau cu apă (A) (tabela 3). S-au propus sisteme de răcire cu circulație forțată a uleiului în interiorul bobinelor și chiar în interiorul conductorului. În aceste condiții încălzirea admisă poate fi mai mare. Răcirea trebuie să aibă în orice caz o siguranță de 100% și cît mai puține intervenții în timpul funcționării.

Executarea înfășurărilor pune numeroase probleme noi. Din partea exploatării trebuie să se precizeze numărul înfășurărilor active și datele lor nominale, din partea constructorului dispoziția lor interioară. La foarte înalte tensiuni se preferă dispunerea cilindrică în straturi celei cu galeți, decît că intrarea de înaltă tensiune se face la mijlocul coloanei, pentru a putea ajunge cu capătul bobinajului (neutrul) la jug [18].

Încercarea la impuls a contribuit la lărgirea cunoștințelor privind construcția înfășurărilor, permite descoperirea defectelor interioare și reprezintă, la tensiunea prescrisă de norme, o garanție a rigidității izolației [19]. Ca izolant, materialele pe bază de celuloză își confirmă superioritatea.

La unități mari se prevede reglarea în sarcină. Bobinele care se adaugă sau se scot sînt expuse mai mult supratensiunilor atmosferice și trebuie să fie bine protejate. Execuția ca autotransformator complică protecția contra supratensiunilor, însă reduce greutatea și volumul bobinelor și a întregului transformator.

Executarea miezului de fier se poate face în diferite variante. Au apărut forme radiale cu o înălțime a jugului de numai 0,22 ori diametrul coloanei față de 0,50 la execuțiile normale (fig. 2). Dispoziția tolelor în secțiunea coloanelor este și ea radială. Avantajele sînt: reducerea greutății și volumului, demontarea ușoară a jugului etc.

Transformatoarele de măsură pentru tensiuni foarte înalte au înregistrat progrese remarcabile. La transformatoarele de tensiune s-a introdus cu succes divizorul capacitiv cu o priză izolată printr-un reductor de

tensiune. Exactitatea acestora din urmă nu este prea mare, ele permit însă combinarea cu capacitățile de cuplaj necesare canalelor de

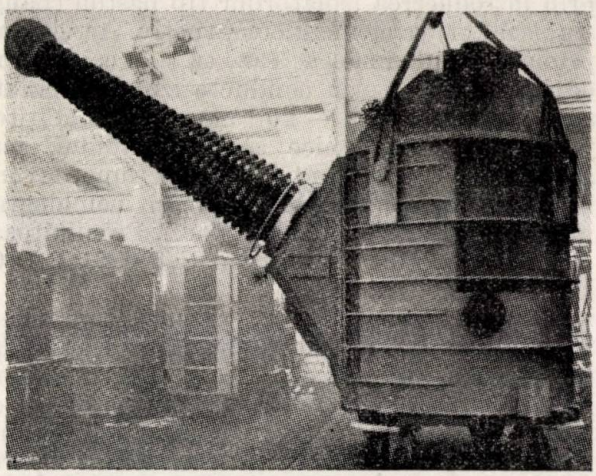


Fig. 2. Transformator monofazat 13,85/400/$\sqrt{3}$ kV 130,5/3 MVA BBC (Elveția) cu miez radial.

protecție și de telecomunicații între stații. Avantajul lor de a putea rămîne sub tensiune timp îndelungat economisește un separator și permite măsurarea tensiunii liniilor deconectate.

Tabela 3

Comparația sistemelor de răcire a transformatoarelor mari

Nr. crt.	Felul răcirii	Costul radiatorului și accesoriilor	Costul virtual de investiție al acționărilor	Costul total al răcirii
1	Răcire naturală (N)	1	—	1
2	Ventilație separată (S)	0,88	0,05	0,93
3	Circulația forțată de ulei și ventilație separată (FS)	0,78	0,33	1,11
4	Circulația forțată de ulei și răcire cu apă (FA)	0,75	0,19	0,94

Reductorul capacitiv rezistă mai bine supratensiunilor atmosferice avînd un efect protector, are dimensiuni reduse, necesită însă un dispozitiv special antirezonant spre a combate ferorezonanța în regim tranzitoriu. Construcția lui este mai delicată, dar volumul și greutatea mai mici față de cele inductive (fig. 3).

Transformatoarele de curent au probleme apropiate de cele ale cablurilor de înaltă tensiune și ale capetelor lor, cu diferența că la cabluri tensiunea de încercare la impuls este mai redusă. Izolația din hîrtie de cablu se montează cu mîna, mai ales pe porțiunile îndoite cu o rază de curbură mică. Studiul cîmpului în aceste locuri prezintă mari dificultăți, o bună ocazie pentru cercetări pe modele. Din cele două tipuri, unul cu cuvă și altul de tipul izolatorului suport, acesta din urmă pare a cîștiga teren la foarte înalte tensiuni, problema izolatorului de trecere fiind implicit rezolvată [20].

Intreruptoarele de putere au avut cele mai grele condiții de dezvoltare din cauza solicitărilor grele în exploatare și a lipsei unor metodici de calcul cristalizate. Cu toate acestea, eforturile făcute de cercetători specialiști în birouri de studii, în laboratoare și în rețele reale au dat soluții mai mult decît satisfăcătoare tuturor problemelor care se pun azi. Iată pe scurt unele dintre aceste soluții constructive și unele tendințe de dezvoltare în viitorul apropiat.

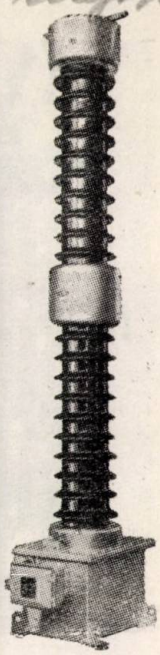


Fig. 3. Transformator de tensiune capacitiv Haefely (Elveția).

Construcția camerelor de stingere a fost fundamentată pe principii teoretice privind mecanismul de ardere și de stingere a arcului electric în spații închise [21], mai ales pentru întreruptoarele cu aer comprimat [22]. Puterea de rupere a unei singure camere de stingere pneumatice s-a mărit progresiv de la 200 MVA la aproape 1 000 MVA, însă tensiunea între contacte este limitată la 40—60 kV, deci pentru un cap cu două camere în serie la 80 — 120 kV (fig. 4). Se fac eforturi mari de a se mări tensiunea nominală la cel puțin 130 kV spre a putea întrebuința pe treapta de 110 kV un singur cap dublu, ceea ce aduce

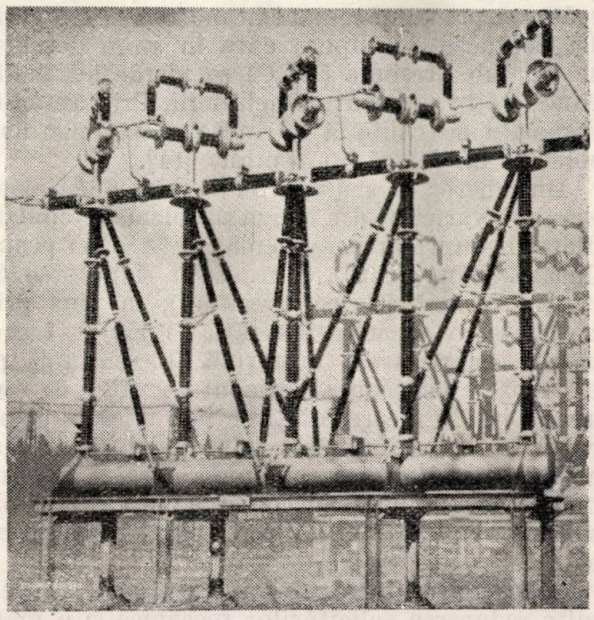


Fig. 4. Pol al unui disjunctor automat pneumatic de 380 kV, 1 000 A, 8 000 MVA cu RAR, BBC (Elveția).

economii mari de material izolant și de aer comprimat [14] (fig. 5).

Camerele de stingere cu ulei au o rigiditate mult mai mare și pot prelua la limită o tensiune de 120 kV, dar problema repartizării uniforme a tensiunii pe camere legate în serie tot nu se poate rezolva fără măsuri speciale, ca potențiometre rezistive și capacitive [16]. Curentul în rezistențele în serie sau în paralel cu arcul trebuie și el întrerupt cu ajutorul unor separatoare de sarcină. La unele execuții, aceste separatoare se utilizează pentru anclanșare, camerele principale închizînd contactele prin resorturi după ruperea arcului principal.

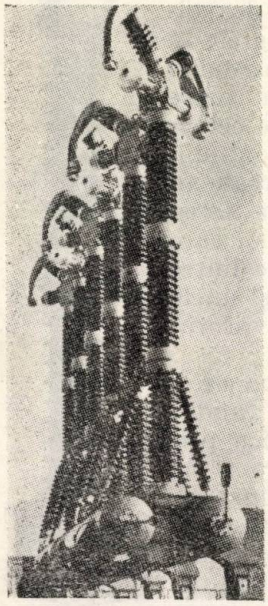


Fig. 5. Pol al unui disjunctor automat pneumatic de 380 kV, 1 000 A, 10 000 MVA cu RAR, AEG (R.F.G.), în timpul încercărilor de laborator.

Economia de aer comprimat este o preocupare recentă. RAR se rezolvă constructiv ușor, mărindu-se capacitatea rezervoarelor. La tensiuni mari intervin însă probleme speciale din cauza vitezei finite de propagare a undelor de presiune de-a lungul unor conducte lungi de la bază pînă la camerele de stingere [23]. Se prevede un rezervor special sub tensiune spre a garanta sincronismul contactelor inseriate și a evita reflexii ale undelor de presiune, cu scăderea presiunii tocmai în momentul stingerii. La contacte de rupere care în stare deschisă se țin sub presiune (BBC) se pierde aerul din conducte în momentul închiderii. Prin anumite dispoziții se caută a se evita aceste pierderi, soluțiile fiind încă în studiu [14].

Dispunerea în spațiu a camerelor de stingere prezintă varietăți din cauza problemelor contradictorii. Suprapunerea verticală (ASEA) prejudiciază sincronizarea contactelor și puterea de rupere (prin scăderea presiunii), în plus prin neegalitatea capacităților față de pămînt îngreuiază repartizarea uniformă a tensiunii pe elemente. Dispoziția orizontală (fig. 6) are avantajul de a cere înălțime mai mică, a ușura repartizarea uniformă a potențialelor, dar mai ales de a uniformiza presiunea aerului comprimat, care parvine prin coloanele de izolatori de susținere montate cîte una în paralel pentru un cap dublu de camere de stingere [24].

Suspendarea întregului întreruptor [10] permite reducerea solicitărilor mecanice și o mare economie de material izolant, dar complică acționarea care nu se poate face pneumatic de jos, ci prin conducte subțiri cu ulei sub presiune la rezervoare suspendate. Adepții dispoziției în picioare se străduiesc în prezent de a reduce greutatea și dimensiunile izolatorilor suport, prin introducerea izolatorilor tip baston (Langstabisolator) ca element constructiv. Aerul comprimat trebuie în acest caz, ca și la cei suspendați, comunicat prin conducte izolate separate sub presiune (15 — 20 at). Îmbunătățirea proprietăților mecanice ale porțelanului, mai ales mărirea rezistenței la tracțiune, favorizează ușurarea construcțiilor și combinarea destinațiilor (conductă + suport). Promițătoare sînt construcțiile recente din U.R.S.S., R.D.G. și R. Cehoslovacă (fig. 7).

În S.U.A. și U.R.S.S. se mai construiesc întreruptoare în cuvă, cu sau fără ulei și chiar cu stingere pneumatică, deoarece în izolatorii de trecere se dispun ușor transformatoarele de curent pe ambele ieșiri. În practica europeană, reductoarele de măsură se construiesc separat

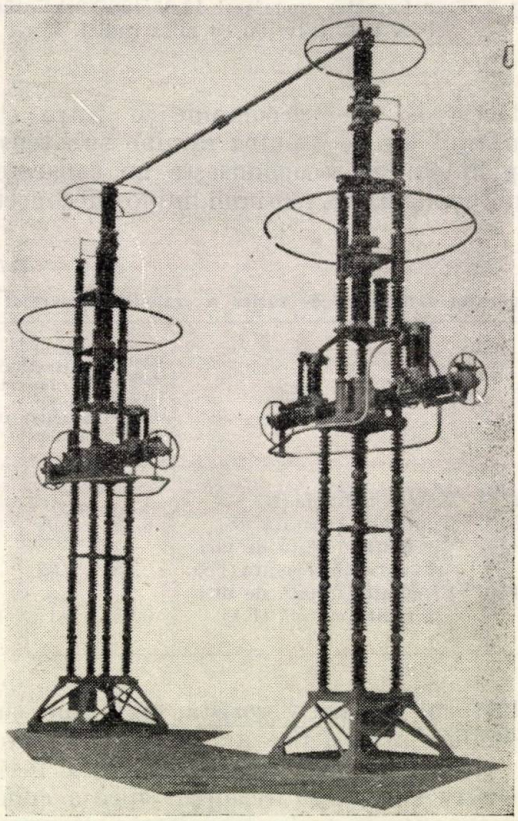


Fig. 6. Pol al unui disjunctor automat pneumatic de 500 kV, 200 A, 25 000 MVA cu RAR, Delle (Franța), destinat liniei Kuibîșev — Moscova.

de întreruptor, renunțîndu-se la măsurarea curentului pe plecări.

După ultimele cercetări efectuate în Suedia, se confirmă că întreruptorul cu aer comprimat care garantează stingerea arcului la prima trecere prin zero este cel mai potrivit pentru plecările din stațiile de 220 și 380 kV. Întreruptoare cu

ulei puțin admițînd 2 — 3 reaprinderi ale arcului se pot întrebuința în celule de transformator [25] (fig. 8.).

Importanța cercetărilor în materie de întreruptoare de înaltă tensiune este evidentă, avînd

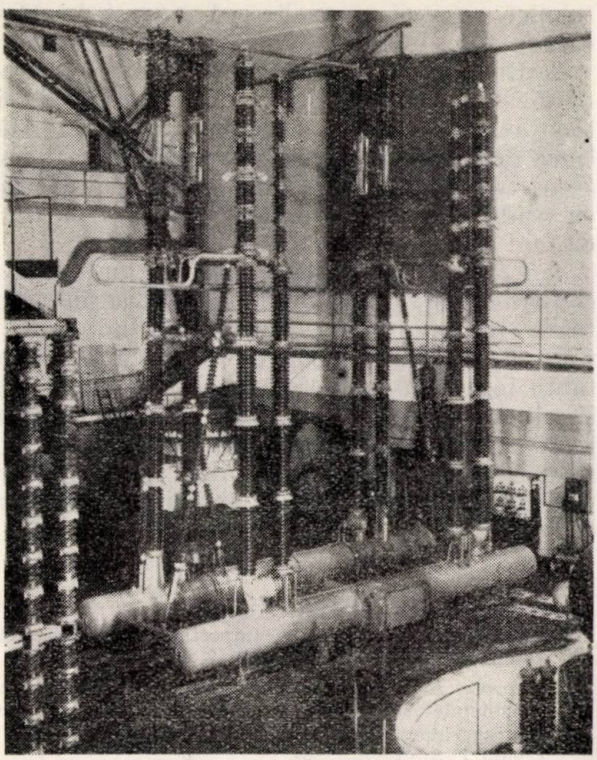


Fig. 7. Pol al unui prototip de disjunctor automat pneumatic de 500 kV, 2 000 A, 20 000 MVA cu RAR, de construcție sovietică.

în vedere varietatea și complexitatea problemelor care se pun, cît și evoluția rapidă a tehnicii în acest domeniu [26]. Prima condiție este existența unor laboratoare de încercare la putere de rupere, bine utilate. Țările care au dispus de astfel de laboratoare au făcut salturi calitative în construcția întreruptoarelor de mare tensiune, ca R. Cehoslovacă [27] și recent R.D.G. [14]. Hotărîri importante se impun a se lua și la noi pentru a ridica fabricația întreruptoarelor de înaltă tensiune la nivelul tehnicii mondiale.

Separatoarele prezintă probleme constructive mult mai ușor de rezolvat [28]. Importantă este găsirea unei forme constructive care să permită compunerea unei serii întregi de separatoare din elemente unificate, măcar pentru izolatoare. Un impediment pe această cale este apariția execuției monocoloană cu pantograf sau foarfece [9], care pe trepte de 400 și 500 kV devine o regulă generală, deoarece economisește mult spațiu în stații. Evoluția tehnică merge acum invers, de la 400 kV se extinde construcția monocoloană la 220 kV și chiar la 110 kV. Este însă incontestabil că fabricarea acestor separatoare presupune un nivel tehnic mai ridicat în producție. În R.D.G. s-au dezvoltat mecanisme cu foarfece care se pot, după mici modificări, aplica sau la separatoare monocoloană (mișcare verticală), sau la cele obișnuite cu două coloane (mișcare orizontală).

Urmînd cererile constructorilor de stații, unele dispoziții normative (VDE 0670/57) prevăd acum o forță de tracțiune de 200—400 kp exercitată pe bornă spre a putea întinde conductorul de la ultimul izolator suspendat. Aceasta presupune o revizuire a rezistenței coloanelor și la nevoie o redimensionare a întregului dispozitiv de susținere.

Alegerea construcției și reducerea tipurilor de separatoare rămîne în aceste condiții o problemă de mare responsabilitate, chiar dacă se găsesc exemple de soluții bune [29].

Descărcătoarele cu rezistență variabilă se compun din elemente de 15 — 30 kV inseriate în număr suficient pentru a acoperi tensiunea maximă prescrisă. Reducerea înălțimii coloanei la tensiuni mari se impune din cauza forțelor vîntului și a greutății prea mari care apasă pe elementele inferioare [30]. S-au propus soluții

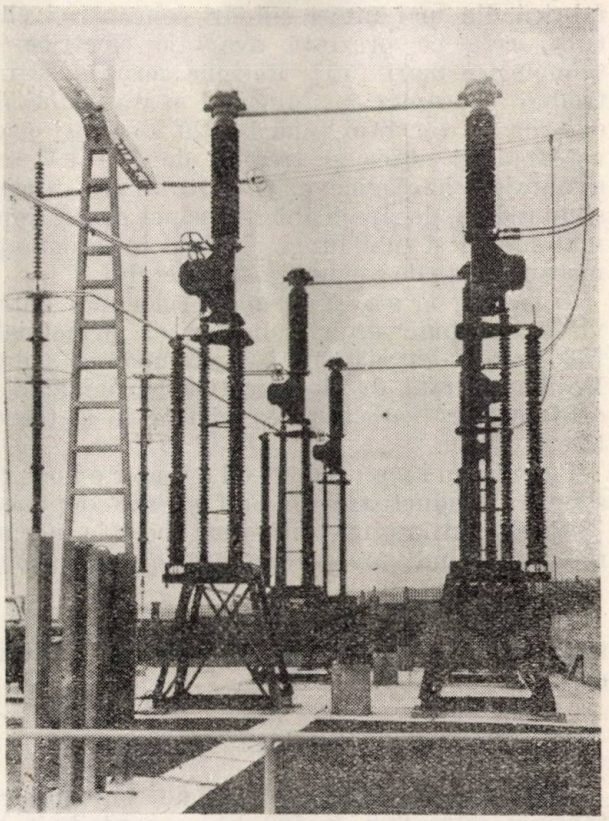


Fig. 8. Disjunctor automat cu ulei puțin de 420 kV, 1 000 A, 12 000 MVA cu RAR, Delle (Franța).

ingenioase pentru reducerea înălțimii, ca împărțirea în două segmente a discurilor de carborund care se leagă în serie sau dispunerea elementelor normale în zig-zag, spirală etc. Se

poate prevedea și suspendarea de portale, economisindu-se baza și reducîndu-se greutatea totală. Siguranța în funcționare a crescut în ultimul timp, iar nivelul de protecție a scăzut.

Măsurile de coordonare a izolației impun tot mai mult prevederea descărcătoarelor pentru protecția materialului greu din stații. Curentul nominal de trecere obișnuit este de 5 kA la 220 kV existînd și execuții de 10 kA pentru protecția transformatoarelor mari.

La tensiuni de și peste 220 kV se pune serios problema de a prevedea descărcătoarele cu o suficientă capacitate pentru a putea funcționa și la *supratensiuni de conectare* tranzitorii. În unele rețele, încercări cu modele de mare capacitate au dat rezultate bune.

Izolatoarele reprezintă elemente delicate și greu de construit. Progresele realizate se pot clasifica în domeniul materialelor, ale formei, ale construcției și ale încercărilor, toate contribuind la îmbunătățirea performanțelor.

Materialul s-a îmbunătățit atît în ce privește stabilitatea mecanică mai ales rezistența la tracțiune, cît și cea termică (atinsă prin amestecuri care măresc conductivitatea termică) [31]. La înalte tensiuni izolatorii de trecere se fabrică din mai mulți cilindri concentrici chituiți, ceea ce prezintă avantaje electrice și tehnologice mari [32]. Rășinile turnate se introduc în prezent în domeniul aparatajului de exterior cu tensiuni pînă la 120 kV [20] și se așteaptă să atace și treapta de 220 kV, cu avantaje tehnologice mari, între altele dimensiuni reduse, deoarece gulerele se pot dimensiona mai subțiri și mai lungi. Cîștigul în rezistența mecanică este de asemenea considerabil.

La alegerea formei celei mai potrivite contribuie mult considerațiile principiale [33] care s-au sistematizat în ultimul timp. Rezistența față de descărcări superficiale mai cere oarecare cercetări experimentale și teoretice.

Contaminarea izolatoarelor cu straturi conductoare de praf și alte depuneri [34] se preîntîmpină prin forme speciale, norme noi prevăzînd încercările acestor izolatoare [35].

Proiectarea și fabricarea în aceste condiții a izolatoarelor rămîne dificilă pentru tensiuni care întrec 110 kV [16].

Concluzii

1. Realizarea transmisiilor de energie cu tensiuni între 200 și 400 kV a contribuit la perfecționarea construcției echipamentului stațiilor. În prezent se construiesc aparate care rezistă tuturor solicitărilor din exploatare.

2. Siguranța în funcționare și economicitatea încadrează străduințele proiectanților și constructorilor echipamentului, ale căror cunoștințe tehnico-științifice și tehnologice trebuie să fie la înălțime spre a putea cunoaște și măestri problemele foarte variate ce li se pun. Cum în gama de tensiuni peste 200 kV nu există metodici cristalizate de calcul și de proiectare a echipamentului, cercetărilor de laborator le revine un rol foarte important. Progrese tehnice proprii se realizează numai în țările care dispun de laboratoare corespunzătoare.

3. Reducerea tipurilor și sortimentelor, standardizarea celor fabricate, adaptarea unor sisteme cu elemente constructive unitare, reducerea greutății și volumului specific și raționalizarea tehnologiei de fabricație trebuie urmărite cu asiduitate și consecvență, spre a obține o cît mai mare reducere a prețului de cost.

4. Progrese mari s-au realizat mai ales în construcția aparatajului de conectare (întreruptoare și separatoare) evoluția fiind încă în plină desfășurare. Economiile cele mai importante le-a adus scăderea nivelurilor de izolație și adoptarea unei izolații degresive la transformatoare mari. Constructorii se străduiesc a reduce dimensiunile și a mări performanțele transformatoarelor de măsură și ale descărcătoarelor.

Bibliografie

[1] *Gheorghiu N.*: Sarcinile importante ale energeticii romînești. Energetica **5** (1957) 2, 49–52.

[2] *Schwarz H.*: Typisierung und Spezialisierung die entscheidende Aufgabe in der Produktion von Hochspannungsgeräten und Kabeln. Dtsch. Elektrotechn. **13** (1959) 1, 3–6.

[3] *Biermanns J.*: Technische Probleme der 400 kV — Drehstromübertragung. Elektrotechn. Z. (ETZ-A) **71**, (1950) 455–461.

[4] *Crișan I.*: Industria electrotehnică după zece ani de la naționalizare. Electrotehnica **6** (1958) 6, 189–191.

[5] *Sirotinski L. I.*: Tehnica tensiunilor înalte. Vol. I (trad. l. rusă). Ed. Tehnică, București 1956.

[6] *Friedel K.*: Entwicklung und Aufgaben der elektrotechnischen Industrie der D.D.R. Dtsch. Elektrotechn. **11** (1957) 9, 393–398.

[7] CEI: Règles de la CEI pour les disjoncteurs à courant alternatif. Publ. **56**. CEI. Genève 1954.

[8] *Eisler J.*: Villamos készülékek számitása és szerkesztése. Tankönyvkiado, Budapest, 1957.

[9] *Hojdem W.*: „Konstruktive Betrachtungen bei der Entwicklung moderner Trenner. Dtsch. Elektrotechn. **13** (1959) 1, 7–10.

[10] *Cabanés L., Alran L., Feintuch M.*: L'évolution de la construction des postes de coupure à haute tension. Bull. Soc. franç. Électr. **6** V (Dec. 1955) 824.

[11] *Hortopan G.*: Transformatoare de mare putere și înaltă tensiune. Electrotehnica **5** (1957) 12, 415–424.

[12] *Niederhöfer K. H.*: Kühlung von Transformatoren. AEG-Mitt. **47** (1957) 11/12, 401–411.

[13] *Wilfing W.*: Auf dem Wege zur Mechanisierung des Transformatoren-Baus. Dtsch. Elektrotechn. **12** (1958) 8, 281–284.

[14] *Pachmann G.*: Hochspannungsschalter im Blickfeld des Baukastensystems. Dtsch. Elektrotechn. **13** (1959) 1, 16–19.

[15] *Krais A. G., Sapojnikov A. V.*: Osnovie tendenții v sovremenom transformatorostroenii. Elektricestvo **79** (1958) 2, 1–8.

[16] *Schumann O.W., Prinz H.*: Fortschritte der Hochspannungsübertragung Bd. 2. 380 kV — Drehstromübertragung. Akad. Verl. Ges. Geest & Portig Leipzig 1954

[17] *Vales J.*: Transformatoare pentru puteri și tensiuni foarte mari. Elektrotechn. Obz. **48** (1959) 5, 228—233.
[18] *Blakenburg W.*: Spulen- oder Lagenwicklung bei Höchstspannungen. Dtsch. Elektrotechn. **12** (1958) 4, 112—118.
[19] *Hrbek B., Bárta K., Ronovsky J.*: Încercări de impuls și dinamice asupra transformatoarelor la uzinele V. I. Lenin Plsèn. Elektrotechn. Obz. **48** (1959) 5, 248—256.
[20] *Frank A., Kaltofen A.*: Transformatoren und Messwandler. Elektrotechn. Z. (ETZ-A) **80** (1959) 12, 356—360.
[21] *Mayr O.*: Aus der Theorie des Lichtbogens. Elektrotechn. Z. (ETZ-A) **75** (1954). 447—451.
[22] *Țeirov F. M.*: Vozdușnie vîkliuciateli viskovo napriajenia. Gosenergoizdat, Moscova-Leningrad, 1957.
[23] *Cihelka J., Cerny L., Husa V., Kriz J., Ladnar J.*: Steigerung der Ausschaltleistung von Druckluftschaltern durch synchrone Kontakttrennung. Dtsch. Elektrotechn. **11** (1957) 7, 318—320.
[24] *Hochrainer A.*: Der Mehrfach — Freistrahlschalter. Elektrotechn. Z. (ETZ-A) **76** (1955) 8, 289 — 291.
[25] *Jancke G.*: Schalter und Schalterprüfung. (ETZ-A **78** (1957) 16, 591) Ingenioren **66** (1957) 4, 114—121.
[26] *Butkevici G.*: Unele probleme ale construcției moderne de întreruptoare. Elektricestvo **76** (1955) 2, 13—17.
[27] *Bárta K., Kulhánek, Vyleta M.*: Metode de încercări, de proiectare și de tip asupra întreruptoarelor pneumatice în uzinele V. I. Lenin. Elektrotechn. Obz. **48** (1959) 5, 240—247.
[28] *Snajdr F.*: Proiectarea de disjunctoare pneumatice și de separatoare. Elektrotechn. Obz. **48** (1959) 5, 256—261.
[29] *Dornath H.*: Zum Typenprogramm für Leistungschalter und Trenner 6 bis 30 kV. Probleme der Standardisierung. Elektrie **13** (1959) 6, 198—201.
[30] *Szepesi E.*: Hazai tulfeszültséglevezetök felépitése és müködési elve. Elektrotechnica **45** (1952) 360—362.
[31] *Meissner A.*: Leistungssteigerung durch thermische Verbesserung der Isolierstoffe. Elektrotech. u. Masch. Bau **53** (1933), 289—293.
[32] *Steyer F.*: Stand der Entwicklung von Porzellan-Mehrrohr-Durchführungen. Elektrotechn. Z. (ETZ-A) **78** (1957) 9. 323-330.
[33] *Obenaus F.*: Grundformen der Hochspannungsisolierelemente und die 400 kV Hänge- und Stützisolatoren. Dtsch. Elektrotechn. **7** (1953) 6, 280—291.
[34] *Conner J. E., Lantz D. A., jr.*: The insulator contamination problem as influenced by silicone surface coatings. Transact. Amer. Inst. electr. Eng. III Power Apparatus & Systems **77** (1958) 39, 1101—1112.
[35] *Roggendorf A.*: Neue VDE-Richtlienien 0448 für die Prüfung von Isolatoren von 1 kV und darüber unter Fremdschichteinfluss. Elektrotechn. Z. (ETZ-A) **80** (1959) 1, 28—30.
[36] *Draeger K.*: Leistungsisolatoren und Schutzarmaturen für 380 kV in [16], p. 58—77.

Intrat în redacție la 16 octombrie 1959.

Studiu privind construcția și tehnologia fabricației de colectoare

Alexandru Cotta — București

Colectorul reprezintă subansamblul cel mai complicat al unei mașini de curent continuu, necesitînd operații tehnologice complexe care influențează în ultimă instanță prețul de cost al mașinii. Buna funcționare a mașinilor de curent continuu depinde, de asemenea, în mare măsură de construcția colectorului. În articol se examinează diferite sisteme de strîngere a colectoarelor, dîndu-se indicații pentru utilizarea soluției celei mai economice în raport cu condițiile de fabricație existente în întreprinderile constructoare de mașini electrice.

CZ 621.313.2.047.2

1. Introducere

Preocuparea fabricilor constructoare de mașini electrice pe linia îmbunătățirii continue a fabricației de colectoare care reprezintă o parte însemnată din procesul general de fabricație a mașinilor de curent continuu, se axează în esență pe două obiective importante, și anume: pe satisfacerea cît mai completă a cerințelor de calitate, menite să asigure funcționarea colectoarelor în condiții cît mai bune, fără scînteieri, fără defecțiuni și în ultimă instanță pe reducerea costului de fabricație.

Dată fiind componența colectorului, ca subansamblu compus dintr-un număr de piese din materiale cu proprietăți fizico-mecanice cu totul diferite, care trebuie să se asambleze precis și să formeze un organ rigid cu stabilitate mare în raport cu fenomenele termice, electrice și dinamice din timpul funcționării, se impune o atenție deosebită în alegerea construcției și tehnologiei de fabricație.

O condiție principală care contribuie la satisfacerea acestor cerințe constă în alegerea justă a sistemului de strîngere a colectorului, ceea ce se rezumă în fond la găsirea celui mai bun mijloc prin care să se poată realiza presiunea necesară între lamele, cu ajutorul pieselor de strîngere, în așa fel încît să nu se observe cu timpul slăbiri locale ale lamelelor de cupru sau micanită, ceea ce ar putea provoca ieșirea lor în afară de nivelul suprafeței de lucru a colectorului, în timpul funcționării.

Sistemul de asamblare a colectoarelor mai mari de 300 mm se realizează cel mai adesea pe coadă de rîndunică prin strîngere cu tije filetate. Pentru colectoarele sub aceste dimensiuni, pe lîngă sistemul strîngerii pe coadă de rîndunică, se mai utilizează și alte sisteme.

În nici un caz, avantajele economice ce se pot obține prin alegerea unui oarecare sistem

*) Ing. *A. Cotta* este inginer tehnolog la fabrica „Klement Gottwald".

de strîngere simplu nu trebuie să tenteze atunci cînd rezultatele nu sînt suficient verificate în exploatare pe un timp mai îndelungat.

În articolul de față se examinează diferite sisteme de strîngere a colectoarelor întîlnite în mod uzual în fabricația mașinilor de curent continuu, iar pentru un tip de colector, mai nou, insuficient tratat în literatură, de care ne vom ocupa mai detaliat, se dau și elementele de dimensionare a pieselor de strîngere. De asemenea pe baza literaturii existente, cum și din experiența fabricilor constructoare de mașini electrice din țara noastră, se dau orientări pentru alegerea unui sau altui sistem de strîngere, care să reprezinte soluția cea mai bună și mai economică în raport cu condițiile date.

2. Sisteme de strîngere la colectoare

Strîngerea colectoarelor se realizează cu ajutorul unor piese de oțel, sau cu masă plastică, acestea avînd rolul să creeze în coroana cilindrică a colectorului un sistem de forțe sub acțiunea cărora să se echilibreze forțele centrifuge care lucrează asupra lamelelor de cupru și de micanită și să realizeze presiunea necesară între acestea.

Presiunea dintre lamelele de colector este o mărime importantă. Valoarea ei se stabilește în funcție de dimensiunile lamelei, de calitatea și starea suprafeței de contact a micanitei și de viteza periferică a colectorului. La stabilirea presiunii inițiale dintre lamele, trebuie să se aibă în vedere faptul că valoarea ei scade în lungul colectorului, datorită tendinței acestuia să ia forma de butoi, sub influența forțelor de strîngere și centrifuge. În [7] se dă o formulă de calcul al presiunii specifice medii între lamele, după care se obțin valori în jurul a 100 kp/cm² pentru un colector mijlociu, funcționînd cu o turație obișnuită. Pentru colectoarele-disc, se recomandă a fi suficientă și valoarea 60 kp/cm². În [5] se arată că valori mai mari de 350 kp/cm² nu se recomandă.

Cele mai răspîndite tipuri de colectoare pentru mașini cu puteri peste 1 kW, sînt cele cu coadă de rîndunică. La aceste colectoare strîngerea se realizează practic cu ajutorul unei piulițe inelare fig. 1, *a*, cu șuruburi sau tije filetate fig. 1, *b*. Butucul colector este izolat față de coroana lamelelor de cupru, printr-un cilindru izolant, iar inelele conice de strîngere sînt izolate prin intermediul unor conuri de micanită.

Progresele ce s-au realizat în ceea ce privește calculul și dimensionarea organelor de strîngere ale acestor colectoare, posibilitățile de verificare și măsurare a tensiunilor cu ajutorul tensometrelor [1], cum și rezultatele bune ce se obțin în exploatare, au făcut ca aceste tipuri de colectoare să aibă o foarte largă răspîndire. Singurele deficiențe funcționale care pot fi semnalate constau în deteriorări ale conurilor de micanită, care au dus la scurtcircuite și la deformări locale ale părților conice ale inelelor de strîngere (numite și inele în V).

Un avantaj al colectoarelor cu strîngere pe coadă de rîndunică, în afară de posibilitatea controlului strîngerii, constă și în posibilitatea reparării lui, în cazul cînd se constată scurtcircuite sau deteriorarea unor piese.

Controlul strîngerii este posibil, datorită existenței piuliței sau șuruburilor. În funcție de unghiul de înșurubare se poate stabili starea de presare a colectorului sau se poate limita chiar, la valori dinainte alese, folosindu-se la înșurubare cheia moment.

Ca dezavantaje economice se poate menționa, în primul rînd, manopera ridicată necesară pentru uzinarea pieselor de strîngere, butuc și inele în V. Cînd acestea se execută din oțel laminat prin strunjire, coeficientul de utilizare a materialului în acest caz ajunge la valori scă-

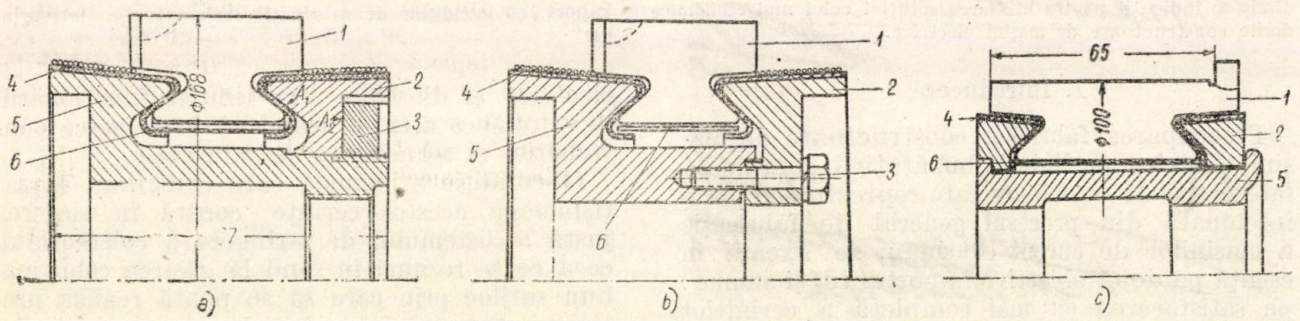


Fig. 1.

a) colector în coadă de rîndunică strîns cu o piuliță inelară; *b*) colector în coadă de rîndunică strîns cu șuruburi; *c*) colector în coadă de rîndunică strîns prin bordurarea butucului. *1* – coroana inelelor; *2* – inel conic; *3* – piuliță inelară; *4* – conuri izolante; *5* – butucul colectorului; *6* – cilindru izolant.

zute, de ordinul a 20–30%. Costul acestor colectoare este mult ridicat și datorită conurilor izolante din micanită care sînt foarte scumpe, ajungînd la un colector mijlociu în medie pînă la 25–32% din costul celorlalte piese luate la un loc. Aceste tipuri de colectoare mai necesită și un număr destul de mare de scule și utilaje pentru fabricație, ajungîndu-se în medie pînă la 15–20 scule și dispozitive, la un colector de mărime mijlocie.

În cazul cînd colectoarele de acest tip au un diametru și o lungime mai mare (tabela din fig. 9), se recomandă [3], [7] să se adopte strîngerea cu ajutorul șuruburilor sau tijelor și să se renunțe la strîngerea cu piuliță inelară, nerațional adoptată în astfel de cazuri. Strîngerea cu șuruburi fiind un sistem mai elastic permite dilatarea termică axială a lamelelor fără să se modifice sensibil forma exterioară a colectorului. Deși construcția aceasta este mai scumpă, aduce pe de altă parte îmbunătățiri în strîngere, prin faptul că se poate obține o repartiție mai uniformă a presiunii pe toată periferia inelului conic, ceea ce este posibil datorită distribuției egale a șuruburilor pe periferia acestuia.

La aceste colectoare strîngerea poate fi realizată uniform chiar fără să fie riguros impusă condiția prelucrării de precizie a suprafețelor de contact, neuniformitatea lor putînd fi compensată prin posibilitatea strîngerii independente în orice zonă a coroanei.

Un sistem de strîngere mai simplu este arătat în fig. 1,*c*.

Strîngerea la aceste colectoare se realizează nu prin înșurubare, ci prin bordurarea (ambutisarea) capătului butucului colector, peste inelul în V. După cum se vede în fig. 2 piulița de strîngere lipsește, deci ansamblul colector este nedemontabil. Bordurarea se poate face numai la un capăt sau la ambele capete. Domeniul în care se pot utiliza aceste colectoare este limitat doar la unele tipuri de mașini mici pentru automobile și tractoare [7], deoarece sistemul prezintă o serie de dezavantaje, dintre care menționăm :

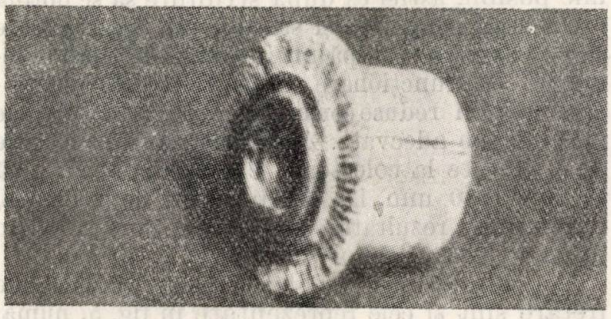


Fig. 2. Colector defect, avînd o lamelă ieșită în timpul funcționării, din cauza insuficientei strîngeri prin bordurare.

1. Dificultatea măsurării și controlului forței de strîngere la asamblarea în coroană. Aceasta rezultă din faptul că nu se poate stabili precis momentul cînd începe strîngerea propriu-zisă de către marginile bordurate peste inel, atunci cînd se apasă cu scula căpuitoare. Datorită acestui fapt poate rezulta fie o strîngere insuficientă, fie o strîngere prea mare, care poate provoca deteriorarea conurilor de micanită.

2. Nestabilitatea strîngerii, datorită deformării elastice a materialului în locul bordurat, care are tendința să cedeze mai mult sau mai puțin, după retragerea sculei căpuitoare. Această revenire elastică a bordurii se poate observa imediat după presare, sau după un timp de funcționare a colectorului, cînd fenomenul se face cunoscut prin slăbirea lamelelor.

Un alt dezavantaj, mai puțin important, constă în dificultatea reparării, atunci cînd se constată mici defecțiuni. Fenomenele negative observate la aceste colectoare sînt cu atît mai pronunțate cu cît dimensiunile lor sînt mai mari și conduc la creșterea numărului de rebuturi în fabricație, dacă nu se iau anumite măsuri. Fig. 2 reprezintă fotografia unui colector din ultimul tip descris avînd diametrul de 100 mm la care, din cauza strîngerii insuficiente, a ieșit o lamelă în timpul funcționării, provocînd scoaterea lui din uz.

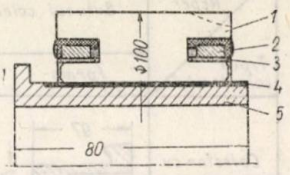


Fig. 3. Colector cu canale drepte strîns cu inele de fretare :
1 – coroana lamelelor ; *2* – inele de fretare ; *3* – inele izolante ; *4* – izolația butucului ; *5* – butucul colectorului.

Totuși acest tip de colectoare oferă avantaje economice importante prin simplitatea lor, încît la mașinile mici și cu turații obișnuite, în condițiile fabricației de serie, folosirea lor este întrutotul binevenită. Se impune însă diminuarea influențelor negative menționate.

Un sistem simplu și practic pentru controlul strîngerii după asamblare, care se poate aplica la toate tipurile de colectoare, constă în ciocănirea ușoară a colectorului pe suprafață, cu un corp metalic. La colectoarele bine strînse trebuie să se audă un sunet metalic, de corp compact, plin și din contră la colectoarele insuficient strînse, pe lîngă faptul că se pot observa deplasările lamelelor în sens radial, se aude un sunet dogit. Acest sistem de control, deși nu reprezintă în sine o metodă tehnică de control, ne dă totuși o idee despre starea de presare a colectoarelor.

În fig. 3 s-a reprezentat un alt tip de colector. Strîngerea coroanei lamelelor se realizează la acest tip prin presare la cald (fretarea) a două inele de oțel de o parte și de alta peste izolația (poz. *3*, fig. 3) care transmite presiunea pe coroană. Aceste tipuri de colectoare sînt încă puțin răspîndite, dar avantajele economice pe care le oferă prin înlocuirea în primul rînd a conurilor scumpe de micanită impun o examinare mai atentă a posibilităților de extindere.

În literatura de specialitate se găsesc puține date în legătură cu acest tip, spre deosebire de alte tipuri pentru care există numeroase publicații.

Construcția colectoarelor cu canale drepte derivă în fond din cele de tipul cu masă plastică și inele de întărire (fig. 5), numai că inelele

de oțel, presate în canalele coroanei, nu au numai rolul de întărire a masei plastice, ci realizează tocmai strîngerea, datorită unui ajustaj corespunzător între inelul de oțel, inelul izolant și coroană. Pentru strîngere, coroana lamelelor după presare și recoacere comportă o strunjire foarte fină a celor două canale

Principalele avantaje ale acestor colectoare în comparație cu cele descrise pînă aci constau în economie de manoperă și material (fig. 4), reducerea numărului de scule și utilaje, necesare în uzinare și la montaj, inexistența pericolului de bolțire a suprafeței colectorului, simplitatea montajului și altele. Ca dezavantaje

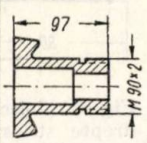
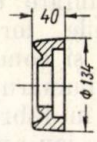
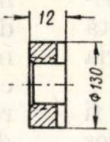
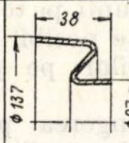
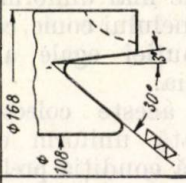
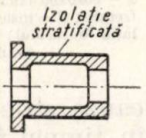
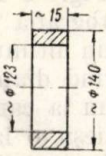
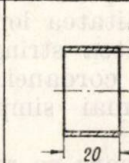
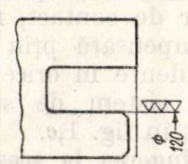
Reper / Tipul colectorului	Butucul colector		Inel de strîngere		Piuliță de strîngere		Manșete izolante		Coroana lamelelor	
	Forma	SDV	Forma	SDV	Forma	SDV	Forma	SDV	Forma	SDV
Colector cu coadă de rîndunică	 OL 50 Φ 140×106	6	 OL 38 Φ 140×44	3	 OL 38 Φ 130×18	1	 Micanită presată	1		8
Colector cu canal drept și inele de fretare	 Fontă turnată	2	 Oțel aliat	1	—	—	 Izolație dură	1	 Formain rest aceiași	5
Economii ce se pot realiza %	50				100		98		20	Total economii ≈ 40%

Fig. 4. Tabelă comparativă de repere între un colector în coadă de rîndunică și unul cu inele de fretare. În coloana *SDV* este dat numărul de scule, dispozitive și verificatoare necesare în fabricație.

drepte, în locul cozilor de rîndunică, în care se va presa inelul de fretare. Acesta se introduce la cald, peste inelul izolant, cu ajutorul unor dispozitive simple. O piesă importantă la aceste colectoare este inelul izolant. Acesta poate fi din material stratificat, dar suficient de dur încît să suporte presiuni corespunzătoare fără să se comprime sensibil. Un rol nu mai puțin important îl are masa de umplere, care este un preparat vîscos din lac izolant sau de bachelită, fulgi de azbest și talc. Această substanță introdusă în canal înainte de presarea

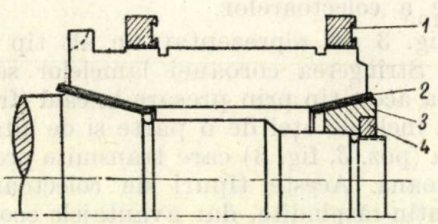


Fig. 5. Colector cu inele de bandaj :
1 — bandaje de oțel ; *2* — izolație de micanită ; *3* — con de presare ; *4* — piuliță inelară.

inelului de strîngere, cald, peste izolație are un dublu rol : în primul rînd să preia căldura inelului de oțel răcindu-l brusc și împiedicînd arderea izolației și în al doilea rînd să umple canalele, pînă la nivelul suprafețelor frontale ale coroanei, înlăturîndu-se posibilitatea pătrunderii impurităților în canale.

se pot menționa : cerințele de precizie mărită în uzinarea pieselor, necesitatea de a se folosi lamele izolante presate, recoapte și polizate la o grosime cît mai uniformă. Acest tratament al lamelelor izolante se impune din necesitatea de a avea un coeficient de comprimare cît mai mic posibil, astfel ca după strunjire să se obțină o coroană compactă și stabilă iar această stare să se păstreze și după un interval de timp îndelungat de funcționare. Dezavantajele menționate pot fi reduse prin alegerea unor procese tehnologice adecvate. Acest sistem de strîngere se întîlnește la colectoare cu un diametru pînă la 200—250 mm, iar din punctul de vedere al lungimilor, rezultatele cele mai bune se obțin în cazul colectoarelor scurte.

Tot din categoria colectoarelor cu inele de fretare sînt și cele reprezentate în fig. 5, numai că la acestea inelele strîng coroana direct de la exterior, nemaifiind necesare canale. Aceste tipuri sînt utilizate la mașini cu turații mari (excitarea turbogeneratoarelor) și la curenți mari. Cînd lungimea colectorului depășește o anumită valoare, se folosește pentru strîngere un inel și la mijloc. În anumite cazuri [4] se alege o construcție combinată, la care strîngerea se realizează și cu inele de fretare pe exterior și cu inele conice de presare pe cozile de rîndunică. Tehnologia fabricării acestor tipuri de colectoare nu se deosebește de a celorlalte tipuri decît prin sistemul de presare a inelelor de bandaj și fiind expusă pe larg în [6],

considerăm că nu mai este cazul să ne ocupăm de ea.

Alte tipuri de colectoare (fig. 6) sînt cele presate în masă plastică. Acestea îşi găsesc cea mai raţională întrebuinţare în cazul producţiei de serie şi de masă, mai ales pentru dimensiuni mici. Tehnologia de fabricaţie a acestor colectoare se simplifică foarte mult. Lamelele de cupru şi de micanită se stanţează, iar piesele de strîngere nu mai sînt necesare. Pentru mărirea rezistenţei mecanice se introduc adesea în canalele practicate în coroană inele de oţel. Izolarea inelului de lamele se realizează prin faptul că lamelele de micanită au canalul stanţat ceva mai mic decît cel al lamelelor de cupru, astfel că inelul se aşază pe izolaţie rămînînd distanţat faţă de cupru. Această construcţie este relativ simplă şi nu necesită utilaje speciale. Masa de umplere are aici un rol hotărîtor.

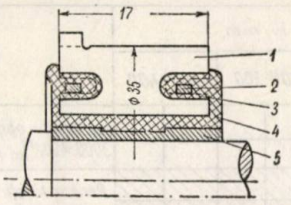


Fig. 6. Colector presat în masă plastică şi cu inele de întărire :

1 – coroană; *2* – inele de oţel; *3* – izolaţie de micanită; *4* – masă plastică; *5* – bucşă de oţel.

Succesele obţinute în domeniul colectoarelor cu masă plastică la maşini mici au dat posibilitatea să se răspîndească această construcţie şi la maşini cu puteri mai mari. Astfel construcţia este posibilă şi pentru colectoare care nu depăşesc diametrul de 130 mm [5], [7].

Totuşi rezistenţa mecanică redusă a masei plastice impune limitarea domeniului de folosire a acestor tipuri. Se pot ivi uneori printre colectoarele presate în masă plastică unele cazuri de nereuşită, mai frecvent la turaţii mari, atunci cînd controlul calităţii masei plastice nu este suficient de bine pus la punct. Un astfel de caz este reprezentat în fig. 7, unde se poate

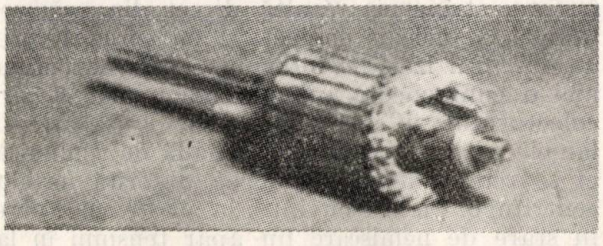


Fig. 7. Rotorul unei maşini mici, cu un colector în masă plastică, desfăcut la proba de ambalare – din cauza rezistenţei mecanice insuficiente.

vedea rotorul unei maşini mici, pe care a fost montat un colector presat în masă plastică. La turaţia de încercare toate lamelele s-au desprins din masa plastică.

Principalele obstacole care stau în calea răspîndirii colectoarelor cu masă plastică constau în diferenţa ce există între ceeficienţii de dilatare liniară a cuprului şi a masei plastice şi în nesiguranţa în ceea ce priveşte rezistenţa mecanică. Construcţiile în masă plastică desigur că vor fi perfecţionate în viitor şi îşi vor găsi o largă utilizare nu numai la maşinile mici, dar şi la cele mijlocii.

3. Alegerea sistemului de strîngere

La alegerea sistemului de fixare a lamelelor în coroană se ţine seama de viteza periferică, de diametrul şi de lungimea colectorului. În cazul maşinilor mari alegerea este unică, strîngerea colectorului se realizează numai pe coadă de rîndunică cu conuri de micanită. La colectoarele mijlocii şi mai ales la cele lungi, unde sînt posibile mai multe variante, se naşte întrebarea dacă este posibilă strîngerea numai prin intermediul cozii de rîndunică sau este necesar a se aplica pe colector şi inele de fretare sau

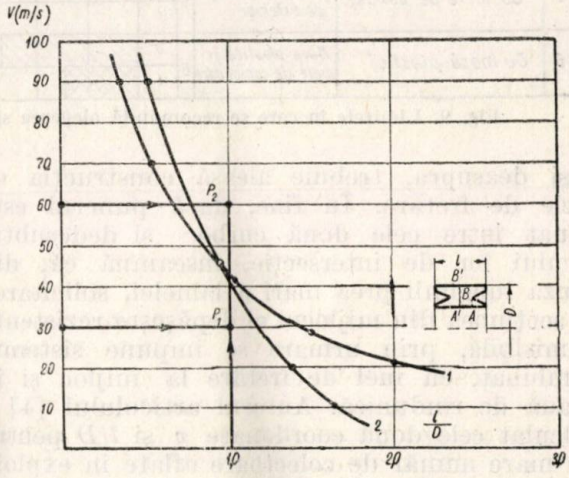


Fig. 8. Graficul limitei de rezistenţă a lamelelor în coadă de rîndunică şi la mijlocul lamelei :

curba 1 – solicitarea cozii de rîndunică în secţiunea AB; *curba 2* – solicitarea la mijlocul lamelei în secţiunea $A'B'$; punct P_1 – domeniul colectoarelor în coadă de rîndunică; punct P_2 – domeniul colectoarelor cu inele de strîngere.

simultan ambele sisteme. Răspunsul la această problemă îl găsim în [4]. Autorul a procedat în modul următor : a construit prin calcul două curbe limită (fig. 8) pentru diferite colectoare la care variază raportul l/D, l fiind lungimea şi D diametrul colectorului, şi care funcţionează cu viteze diferite. În toate punctele de pe curba *1* rezistenţa la înconvoiere în cozile de rîndunică, în raport cu solicitarea datorită forţelor centrifuge, la vitezele corespunzătoare, de pe ordonată, este constantă şi egală cu rezistenţa admisibilă a cuprului, iar punctele de pe curba *2* au rezistenţa la încovoiere în mijlocul lamelei egală cu rezistenţa admisibilă, solicitarea datorîndu-se tot vitezelor periferice corespunzătoare. Avînd acest grafic, putem şti ce fel de strîngere să adoptăm, astfel ca solicitările în lamele, în cele două secţiuni periculoase, să fie sub limitele admisibile. Pentru aceasta se calculează viteza periferică a colectorului şi raportul

l/D. Domeniul în care se află punctul de intersecție al celor două perpendiculare în punctele v și l/D ne arată cum trebuie să fie sistemul de strîngere. Dacă acest punct se găsește sub ambele curbe, se poate alege numai strîngerea pe coadă de rîndunică. Dacă punctul se va

4. Dimensionarea pieselor de strîngere a colectoarelor

Metoda stabilirii dimensiunilor la colectoarele în coadă de rîndunică este expusă pe larg în [1] și [7] iar în legătură cu tehnologia de

Nr	Tipul colectorului	Sistemul de strîngere	Figura	D-diametrul L-lungimea	Dimensiunea în mm: pînă la 50	50-100	100-200	200-300	300-400	Observații
1	Cu coadă de rîndunică	Pivliță inelară sau șuruburi	1a	D						La turații obișnuite pînă la 3000-4000 r/m pentru mașini mici
			1b	L						
2		Tije filetate		D						Pentru turații obișnuite și pentru puteri medii și mari
				L						
3		Bordurarea capetelor butucului	1c	D						Mașini mici pentru turații medii
				L						
4	Cu canale drepte	Inele de fretare în canale	3	D						La turații medii și mari
				L						
5	Cu inele de bandaj	Inele de bandaj pe exterior	5	D						Pentru turații peste 6000 r/m, puteri 15-20 kw, iar la turații medii cînd lungimea depășește 200-300 mm, se folosește o construcție combinată și cu coadă de rînd
				L						
6	Cu masă plastică	Masă plastică și inele de consolidare	6	D						Pentru viteze mai mici de 20 m/s la mașini mici și micromotoare
				L						

Fig. 9. Limitele în care se recomandă alegerea sistemelor de strîngere a colectoarelor (domeniul hașurat).

găsi deasupra, trebuie aleasă construcția cu inele de fretare. În fine, dacă punctul este situat între cele două curbe și dedesubtul locului lor de intersecție, înseamnă că, din cauza lungimii prea mari a lamelei, solicitarea în secțiunea din mijlocul ei depășește rezistența admisibilă, prin urmare se impune sistemul combinat, cu inel de fretare la mijloc și în coadă de rîndunică. Autorul articolului [4] a calculat cele două coordonate v și l/D pentru un mare număr de colectoare aflate în exploatare și care funcționează foarte bine. Din amplasarea punctelor fixate pe graficul curbelor limită s-a putut confirma justețea acestei metode de a determina care anume din cele două sisteme de strîngere, separate sau și unul și altul sînt necesare.

Graficul menționat are importanța că se poate folosi și la colectoarele cu inele de fretare care sînt asemănătoare în ceea ce privește cele două solicitări, ale lamelelor, la mijloc și în canale, cu colectoarele în coadă de rîndunică. Deci, domeniul colectoarelor în coadă de rîndunică din fig. 9 este și domeniul colectoarelor cu inele de fretare și canale drepte, cu deosebirea că acestea se limitează la diametre în jurul a 250 mm. În limitele acestui domeniu construcția colectoarelor cu inele de fretare poate să înlocuiască cu succes pe cea în coadă de rîndunică, oferind avantajele de care am amintit (fig. 4).

Din analiza datelor existente în literatură [5], [7] și după interpretările făcute pe baza graficului (9) se poate întocmi o tabelă (fig. 9) conținînd limitele de alegere a diferitelor construcții de colectoare. Locurile hașurate indică domeniul de utilizare.

fabricație, se găsesc indicații valoroase în [8]. Dat fiind că despre colectoarele cu inele de fretare, așa cum am mai arătat, se găsesc puține date în literatura de specialitate, considerăm util să expunem metoda stabilirii dimensiunilor pieselor de strîngere.

Făcînd o comparație între colectoarele în coadă de rîndunică și cele cu canale drepte, este bine să ne reamintim că la primele, strîngerea rezultă din acțiunea asupra fiecărei lamele, a componentelor radiale ale forțelor cu care se presează pe inelul conic. Componenta axială, fiind o consecință a apăsării pe con, nu contribuie la strîngere ci, din contră, la colectoarele lungi produce deformarea lamelelor în lungul axei lor. La colectoarele cu inele de fretare, strîngerea rezultă direct din apăsarea radială a inelelor de fretare pe coroană, prin intermediul izolației interpuse. Aici nemaifiind nici o componentă axială, fenomenul boltirii colectorului nu mai apare. Nici solicitarea în lamelă nu mai apare ca în coada de rîndunică, ci se reduce numai la aceea datorită forțelor centrifuge. Cu alte cuvinte, la aceste colectoare, în stare de nemișcare nu apar tensiuni în lamelele de cupru.

Folosind notațiile obișnuite, notăm cu p presiunea specifică necesară între lamele, în kp/cm² și cu A suprafața efectivă a lamelei, în cm² (suprafața brută, mai puțin suprafața celor două canale strunjite); suma forțelor radiale ΣP_r care trebuie aplicată pe coroană pentru a se realiza presiunea p, este dată de relația [7]:

$$\Sigma P_r = 2\,\pi\,pA\ [\text{kp}]. \qquad (1)$$

Aceste forțe trebuie să se producă de către inelele de fretare prin apăsarea lor pe coroană,

la ambele capete. Dacă notăm cu p_1 presiunea specifică dintre inel și coroană (respectiv izolație), în kp/cm², cu d și l diametrul interior, respectiv lățimea inelului, în cm (fig. 10), trebuie să existe egalitatea:

$$2\pi d l p_1 = 2\pi pA,$$

de unde:

$$p_1 = \frac{pA}{dl} \text{ [kp/cm²]}. \quad (2)$$

Pe de altă parte, după cum dovedesc relațiile din teoria elasticității, presiunea p_1, dintre

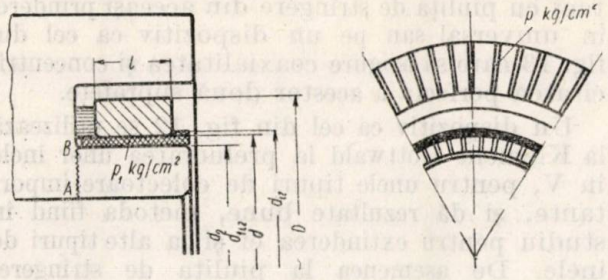


Fig. 10. Dimensionarea canalului în coroana lamelelor.

suprafețele a două inele care se asamblează unul peste altul printr-un ajustaj de strîngere, este dată de relația [9]:

$$p_1 = \frac{S}{d\left(\frac{K_1}{E_1} + \frac{K_2}{E_2}\right)}, \quad (3)$$

unde K_1, K_2 sînt coeficienți depinzînd de diametrele interioare și exterioare ale inelelor, E_1 și E_2 modulele de elasticitate ale materialelor celor 2 inele, d diametrul comun al suprafețelor în contact, iar S este strîngerea efectivă, egală cu diferența dintre diametrul piesei cuprinse și cel al piesei cuprinzătoare, măsurate înainte de asamblare, adică în cazul nostru (fig. 10):

$$S = d_{iz} - d_1. \quad (4)$$

Problema de bază, care se pune la dimensionarea pieselor de asamblare la aceste colectoare, constă în găsirea strîngerii efective, dată de relația (4), cu alte cuvinte se cere să se determine cu cît trebuie să fie mai mare inelul izolant, față de inelul de oțel la interior, astfel ca după ce acesta se introduce la cald peste primul, după răcirea lui să existe presiunea p_1 dată de relația (2), care în ultimă instanță produce strîngerea colectorului. Dacă fenomenele ce apar în asamblare s-ar petrece în limitele elastice, atunci determinarea strîngerii (4) s-ar face simplu în felul următor: din relația (2) s-ar determina presiunea p_1 în funcție de datele cunoscute p, A și de dimensiunile inelului, stabilite prin construcție, pînă la o precizie de ordinul zecimilor de mm. Apoi din relația (3) s-ar determina strîngerea efectivă care ne interesează.

Această cale însă nu duce la rezultate satisfăcătoare, trebuind să se introducă coeficienți de corecție care variază în limite largi, deoarece fenomenele nu se petrec în limitele elastice, datorită prezenței micanitei și a inelului izolant, care schimbă starea de lucruri.

Din aceste motive, diferența S dintre cele două diametre ale inelului izolant și al celui de oțel se stabilește experimental în funcție de calitatea materialului, din care se confecționează inelul izolant. Experiențele se pot efectua prin asamblarea inelului de oțel peste diferite inele izolante. În modul acesta se poate stabili diferența S, care satisface condiția impusă de relația (2).

Pentru fiecare valoare a strîngerii, adică a diferenței $d_{iz} - d_1$ corespunde o presiune p_1 sub inelul de oțel, care se poate măsura practic extrăgînd inelul și măsurînd forța de extragere. Notăm cu F această forță, în kp. Valoarea ei se deduce simplu:

$$F = p_1 \pi d l \mu,$$

de unde:

$$p_1 = \frac{F}{\pi d l \mu} \text{ [kp/cm²]}. \quad (5)$$

În relația (5) μ este coeficientul de frecare dintre inel și izolație. Valoarea lui s-a determinat experimental, $\mu = 0{,}2 \ldots 0{,}25$. Dacă obținem cu această relație aceleași valori ca și din relația (2), înseamnă că strîngerea este bună. Dacă obținem valori mai mici înseamnă că trebuie să mai micșorăm inelul de oțel sau să mărim inelul izolant, la exterior.

Pentru o izolație stratificată a cărei duritate este cuprinsă în limitele obișnuite, experiențele

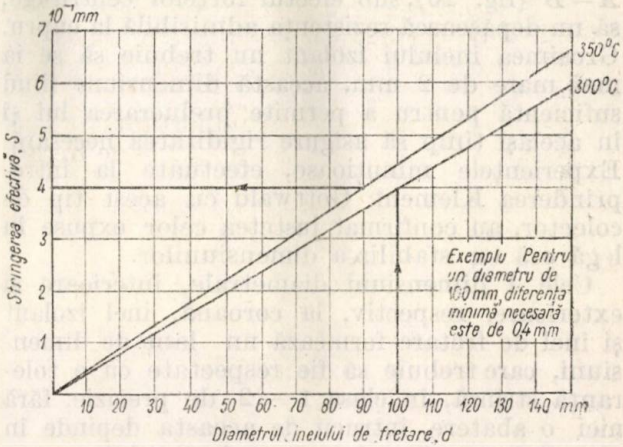


Fig. 11. Graficul strîngerii efective S egală cu dilatarea liniară a inelului de fretare pentru temperaturi de 300 — 350°C.

întreprinse la fabrica Klement Gottwald au arătat că diferența S necesară între cele 2 diametre se poate lua chiar diferența cu care se dilată inelul de fretare încălzit la o temperatură de 300—350°C. În fig. 11 este dată această

diferență în mm, în funcție de diametrul inelului, ales din oțel aliat, Cr Ni și încălzit la o temperatură de 300°C. S-a folosit un coeficient de dilatare liniară de 3,85‰. Practic temperaturile inelului se pot aprecia vizibil, destul de exact după culorile care apar în timpul încălzirii lui. Corespondența dintre culori și temperaturi este dată în tabela 1. Dimensiunile

Tabela 1

Corespondența dintre temperaturi și culorile ce apar la încălzirea unui inel de oțel

Temperatura, °C	Culoarea	Temperatura, °C	Culoarea
255	Portocaliu	300	Albastru
265	Maro-roșcat	315	Albastru deschis
275	Purpuriu	330	Albastru verzui (gri)
285	Violet	350	Verde-cenușiu
295	Albastru închis	400	Cenușiu

inelului de fretare se stabilesc constructiv în funcție de diametrul interior; astfel, lungimea lui l se ia egală cu (11...13) d, iar diametrul exterior D se ia egal cu (1,12...1,14) d. În funcție de aceste dimensiuni se stabilesc cele ale canalului în coroană, ținîndu-se seama că în fundul canalului trebuie să se fixeze cîțiva distanțori din material izolant, dispuși din loc în loc, pentru a izola inelul de coroană și în același timp să permită introducerea unui dispozitiv pentru o eventuală extragere a inelului de oțel. Forța cu care se va putea extrage inelul se calculează din relația (5).

Diametrul d_2 al coroanei se determină din condiția ca solicitarea lamelelor în secțiunea $A-B$ (fig. 10), sub efectul forțelor centrifuge, să nu depășească rezistența admisibilă la cupru. Grosimea inelului izolant nu trebuie să se ia mai mare de 2 mm, această dimensiune fiind suficientă pentru a permite prelucrarea lui și în același timp să asigure rigiditatea necesară. Experiențele minuțioase, efectuate la întreprinderea Klement Gottwald cu acest tip de colector, au confirmat justețea celor expuse în legătură cu stabilirea dimensiunilor.

Cele 4 dimensiuni diametrale, interioare și exterioare, respectiv, la coroană, inel izolant și inel de fretare formează un lanț de dimensiuni, care trebuie să fie respectate cu o toleranță strînsă, în clasa 1 — 2 de precizie, fără nici o abatere, întrucît de aceasta depinde în ultimă instanță strîngerea colectorului.

5. Măsuri în vederea prelucrării corecte a pieselor de asamblare a colectoarelor

Calitatea asamblării lamelelor pe colector depinde în mare măsură de precizia cu care se prelucrează piesele de strîngere, atît în ceea ce privește dimensiunile cît și forma. Acest fapt are importanță mai ales la colectoarele cu strîngere pe con. Cele trei piese de strîngere, butuc, inel și piuliță, pe de o parte și coroana lamelelor pe de altă parte, trebuie strunjite după un anumit plan de operații, rațional stabilit, pentru a se obține atît precizia dimensiunilor diametrale și unghiulare cît și perpendiculare și paralelismul suprafețelor, în contact.

Astfel, este necesar ca suprafața conică A_1 de apăsare pe conurile izolante în coada de rîndunică a inelului în V (fig. 1,*a* și 12) să fie prelucrată, odată cu suprafața A_2 de contact cu piulița de strîngere din aceeași prindere, în universal sau pe un dispozitiv ca cel din fig. 13 care să asigure coaxialitatea și concentricitatea perfectă a acestor două suprafețe.

Un dispozitiv ca cel din fig. 12 se utilizează la Klement Gottwald la prelucrarea unor inele în V, pentru unele tipuri de colectoare importante, și dă rezultate bune, metoda fiind în studiu pentru extinderea ei și la alte tipuri de inele. De asemenea la piulița de strîngere, filetul trebuie executat odată cu suprafața de contact pe inelul conic, condiție necesară și la execuția filetului pe butucul colectorului.

Aceste condiții se impun din dorința de a se putea realiza o strîngere cît mai uniformă pe toată suprafața coroanei, din care să rezulte o presiune uniformă atît pe conurile de micanită, cît și între lamele.

La colectoarele cu strîngere prin șuruburi sau tije, neregularitățile rezultate din prelucrare nu au importanță prea mare, deoarece ele se compensează prin tije, care așa cum am mai arătat asigură un contact bun pe con. În cazul fabricării unui număr redus de colectoare, problema preciziei văzută din acest punct de ve-

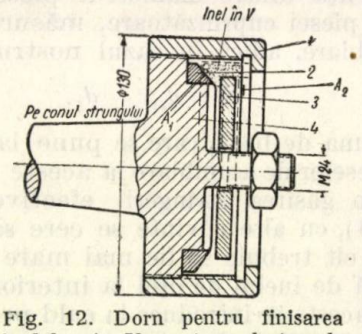


Fig. 12. Dorn pentru finisarea inelelor în V, pentru colectoarele în coadă de rîndunică:
1 — piuliță; *2* — inel schimbabil pentru diverse tipuri; *3* — rondelă de strîngere; *4* — dorn cu ghidaj pe axul strungului.

dere nu impune o preocupare deosebită, mijloacele obișnuite fiind suficiente, dar în fabricația de serie este nevoie să se aplice unele măsuri tehnologice, care să simplifice unele operații de control, fără a diminua calitatea. Folosirea unui dispozitiv ca cel din fig. 12 pentru strunjirea inelelor în V dă rezultate

bune, permițînd lucrul defalcat pe faze de prelucrare, așa cum este avantajos a se practica în fabricația de serie. După degroșare, inelul se finisează complet la partea conică, apoi se fixează pe dispozitiv cu ajutorul piuliței *1*, care asigură un contact bun pe conicitate și deci finisarea suprafeței A_2 se realizează în condițiile cerute.

Condiția strunjirii coaxiale a conurilor se impune și la coroana lamelelor. Această condiție poate fi realizată dacă se execută prelucrarea dintr-o singură prindere, luîndu-se ca bază interiorul prelucrat al coroanei, pe un dispozitiv special. Acest lucru este greu de realizat, mai ales pentru colectoarele mici sau prea mari. Rezultate bune s-ar obține dacă, după prelucrarea conului la un capăt, prinderea coroanei pentru strunjirea celeilalte părți s-ar realiza cu ghidaj chiar pe conul strunjit, în mod asemănător ca la prelucrarea inelului în V. Neexecuția corectă a cozilor de rîndunică și a altor suprafețe de contact în strîngere poate duce la slăbiri locale pe coroană și la solicitări mărite în piesele de strîngere.

La colectoarele cu inele de fretare pretenția de precizie se rezumă la respectarea cu strictețe a cotelor în cîmpul de toleranță dat și la finețea strunjirii inelului de fretare la interior, care la presarea lui, dacă nu este fin prelucrat, zgîrie izolația, reducînd prin aceasta strîngerea *S*.

6. Concluzii

Din analiza critică a sistemului de strîngere la cele cîteva tipuri de colectoare mici și mijlocii folosite mai des, reiese că pentru colectoarele scurte, destinate să funcționeze în condiții normale, atenția trebuie îndreptată spre construcția cu inele de fretare, care oferă avantaje economice importante, în raport cu celelalte tipuri de colectoare. Evident cresc exigențele în fabricație, în ceea ce privește precizia și respectarea strictă a tehnologiei, atît la reperele individuale cît și la asamblare, rezultatele strîngerii fiind în directă dependență de aceste condiții. Limitele în care se poate adopta această construcție pot fi lărgite, trecîndu-se peste 250 mm, pe baza rezultatelor ce se pot obține în exploatare și după specializarea unui colectiv de muncitori care să-și fi însușit metodele de muncă. Această construcție este avantajoasă chiar și în producția de serie mică și unicate, colectoarele în coadă de rîndunică rămînînd să se folosească numai pentru dimensiuni mai mari și unde cealaltă construcție nu poate fi aplicată; dar și la acestea nu trebuie să se scape din vedere respectarea cerințelor de precizie în execuția pieselor, prin care se pot reduce foarte mult cazurile de defecțiuni, prelungindu-se prin aceasta termenele de exploatare.

Bibliografie

[1] *Subov I. G.*: Studiul rezistenței colectoarelor în coadă de rîndunică. Vestn. Elektroprom., **28** (1957) 7, 22—26.

[2] *Kromolowski L., Zlolo A.*: Construcție-tip și calculul colectoarelor mici și mijlocii. Wiadom. Elektrotechn., **17** (1956) 11, 260—263.

[3] *Kohl W.* și alții: Handbuch für elektrische Maschinen (Kommutator S. 59). Fachbuchverlag, Leipzig 1955.

[4] *Krasovski N. B.*: Alegerea construcției colectorului mașinilor electrice. Vestn. Elektroprom., **29** (1958) 79—80.

[5] *Vinogradov V. N.*: Tehnologia fabricației mașinilor electrice. Gosenergoizdat, Moscova-Leningrad, 1954.

[6] *Moskovski M.*: Tehnologia construirii mașinilor electrice (trad. din l. rusă). Ed. Energetică de Stat, 1953, București.

[7] *Alexeev A.*: Construcția mașinilor electrice (trad. din l. rusă). Ed. Energetică de Stat, București, 1954.

[8] *Lăzăroiu D. F.*: Fabricarea colectoarelor mașinilor de curent continuu. Electrotehnica, **1** (1953) 1—2, 47.

[9] *Manea Gh.* ș.a.: Organe de mașini (I). Ed. Tehnică, București, 1956.

[10] *Cotta A.*: Din experiența strungarului fruntaș Trandafirescu Vasile de la întreprinderea Klement Gottwald, I.D.T., 1958.

Intrat în redacție la 3 octombrie 1959

Stadiul actual al rezistenței climatice la produsele electrotehnice

W. Böer* și O. Fritsche** — Berlin

Dezvoltarea impetuoasă a industriei electrotehnice în anii puterii populare și extinderea legăturilor comerciale cu țări din cele mai îndepărtate colțuri ale lumii au pus și în fața industriei noastre electrotehnice problema protecției climatice, a produselor destinate exportului în regiuni de pe glob cu condiții climatice foarte grele. Redacția revistei Electrotehnica, în cadrul convenției pe care o are cu revista „Elektrie", s-a adresat unor specialiști din R.D.G. cu scopul ca aceștia să împărtășească cititorilor revistei experiența bogată pe care o au în acest domeniu.

Redacția consideră că articolul publicat de specialiștii germani va fi de un real folos pentru industria noastră electrotehnică.

CZ 621.312/316–758

1. Observații generale referitoare la problema protecției climatice a produselor tehnice

Răspîndirea crescîndă a industrializării în regiuni ale pămîntului nostru, în care există condiții climatice diferite de „clima temperată", ne obligă să procedăm la o raționalizare în dezvoltarea, fabricația și circulația produselor electrotehnice. Pentru aceasta este necesar ca variatele condiții climatice existente să fie cuprinse în cîteva zone climatice. Unor astfel de regiuni de climă li se pot atribui parametri specifici necesari tehnicii [1], [2], [3].

Deduse din cele de mai sus, se pot stabili tipurile de protecție climatică, care să caracterizeze nivelul protecției față de solicitările cărora produsele tehnice trebuie să le reziste, în urma acțiunii unui complex întreg de componente climatice sau de componente depinzînd de acestea (de exemplu biologice), în anumite regiuni climatice [1], [2], [4].

Tipurile de protecție climatică reprezintă deci punctul de plecare pentru toate considerațiile de ordin tehnic, asupra modului de realizare a produselor din punctul de vedere constructiv al materialului și parțial al tehnologiei, pentru ca aceste produse să atingă nivelul de protecție cerut.

Principial, desigur că este posibilă și calea ca deocamdată să se stabilească pentru fiecare produs sau grup de produse doar încercări („tests"), care trebuie trecute într-o anumită ordine și cu anumite „grade de severitate" și să se lase apoi în seama stipulațiilor, care din încercări califică un anumit produs pentru o anumită utilizare într-o anumită regiune a pămîntului. Astfel, au fost stabilite o serie de prescripții pentru încercări în cadrul CEI (International electric comission), Secretariat 68 și al proiectului CEI nr. 127, Secretariat 1001, cum și în multe standarde naționale (DIN, ASTM, GOST, British Standards etc.).

În ceea ce privește ideile de bază ale acestor prescripții, ele concordă. Din păcate însă nu se pot trage din ele concluzii cu caracter obligatoriu, privind posibilitatea de utilizare, durata de viață și rezistența în funcționare a produselor tehnice în cazul utilizării lor practice.

Aceasta reprezintă marele dezavantaj al supraevaluării încercărilor („tests") în spații climatice. Ea necesită o destrămare a producției în prea multe variante pentru unul și același produs și îngreunează cooperarea diverselor economii naționale și, în special, a diverselor ramuri industriale la fabricarea produselor rezistente climatic.

Încercările („tests"), diferențiate pe grupe de produse și categorii de utilizare, ar trebui să încheie în mod corespunzător toate considerațiile privind protecția climatică a produselor tehnice.

Aceste pericole sînt cu atît mai mari, cu cît protecția climatică a produselor tehnice nu poate fi privită niciodată doar ca o problemă a materialelor utilizate. Unul și același material poate să corespundă perfect o dată, de exemplu atunci cînd doar solicitarea mecanică joacă un rol. Într-un alt caz — sub acțiunea aceleiași clime — cînd însă rolul preponderent îl are valoarea izolației, acest material poate să fie cu totul necorespunzător.

Rezultatele încercărilor proprii care ne stau la dispoziție pînă acum, cum și comunicările diferitelor publicații conduc, de exemplu, la concluzia că cel puțin încercările de lungă durată — așa cum sînt ele descrise în publicațiile CEI Secretariat 68 și 12—7 — solicită produsele tehnice mai puternic decît în cazul încercărilor comparative din China de Sud, respectiv din Java, care s-au extins asupra unui interval de timp de doi ani și jumătate [5], [6], [7].

Protecția climatică a produselor tehnice din punctul de vedere al materialului, constructiv sau tehnologic, nu poate porni decît de la premisa că aceste produse tehnice trebuie să fie capabile să funcționeze satisfăcător, în orice

* Dr. *W. Böer* este conducătorul Oficiului principal de climatologie al Institutului meteorologic și hidrologic al R.D.G. din Potsdam.

** *O. Fritsche* este conducătorul laboratorului climatic din întreprinderea de stat pentru construcția de locomotive și electrotehnică „Hans Beimler" — Hennigsdorf lîngă Berlin.

caz, în împrejurări care apar în „clima temperată" și că durata lor de viață corespunde condițiilor stabilite. Solicitările suplimentare, așa cum ar putea fi ele provocate de climate extreme, vor necesita — atunci cînd se pretinde aceeași durată de viață și aceleași condiții de exploatare — în orice caz cheltuieli mai mari. Cît de mare trebuie să fie volumul acestor cheltuieli depinde de natura produselor tehnice și de aceea a solicitărilor care sînt de așteptat.

În scopul obținerii de date de orientare în această privință sînt necesare numeroase încercări comparative cu diferite semifabricate și produse finite. Expunerea probelor trebuie făcută în diferite clime ale pămîntului și concomitent în spații climatice (camere climatice). Abia din factorii (cifrele de raport) obținuți la aceste experiențe se pot trage concluzii asupra alegerii metodelor adecvate de încercare, legate de o îndreptățită posibilitate de pronunțare în privința rezistenței în exploatare și a duratei de viață.

O altă posibilitate pentru încercarea materialelor și construcțiilor corespunzătoare constă în experimentările comparative ale diferitelor semifabricate și produse finite de același gen însă de calități diferite. Produsele care se comportă în modul cel mai satisfăcător față de solicitările din spațiile climatice vor rezista probabil cel mai bine și la utilizarea lor practică în mediile climatice corespunzătoare.

Această metodică cunoscută prezintă însă dezavantajul că nu ține seamă îndeajuns de latura economică. Există pericolul unei exagerări a cheltuielilor pentru a se obține siguranța absolută.

Atît timp cît nu se dispune de cifre de raport suficiente între comportarea produselor tehnice în spații climatice și influența reală a climatelor în timpul utilizării, trebuie făcut uz deseori de valori empirice stabilite pe bază de experiență [7].

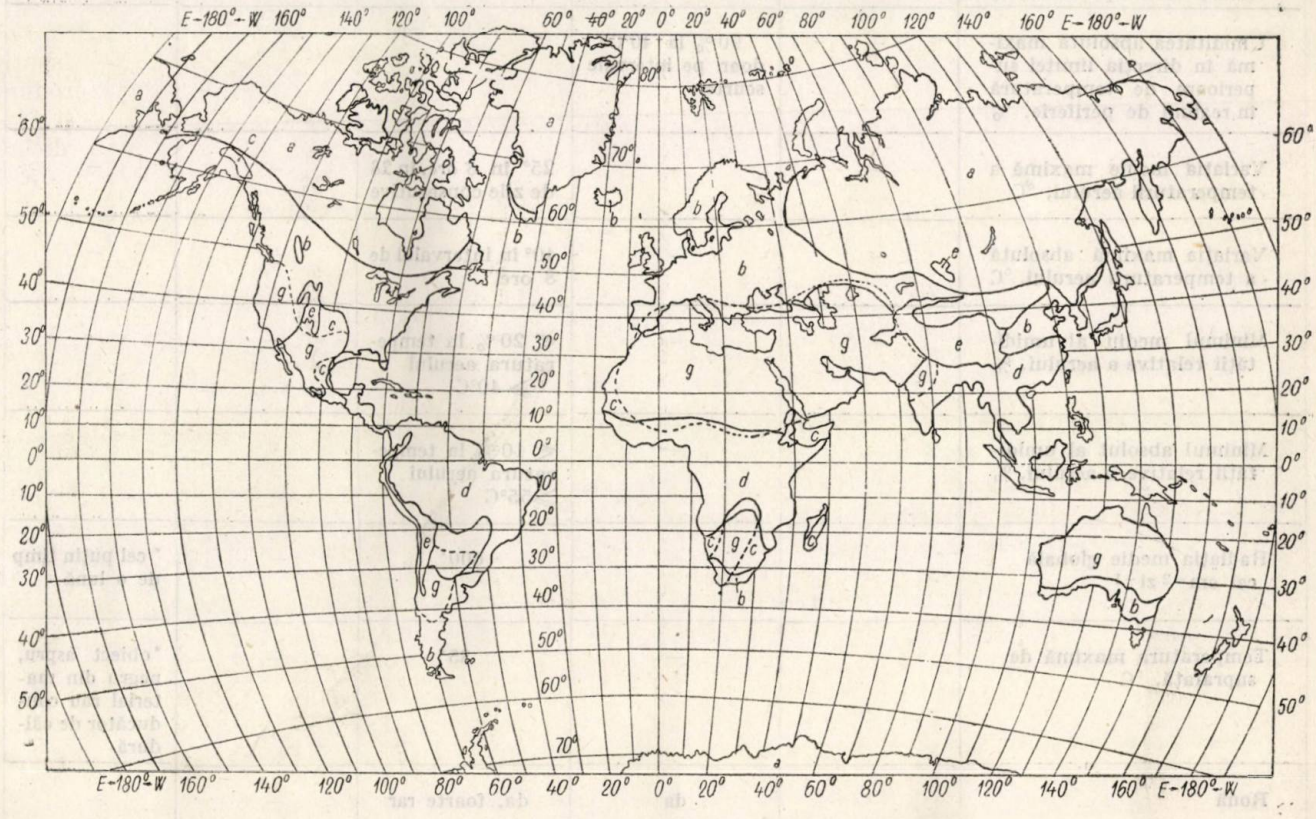


Fig. 1. Hartă climatică (pentru climat exterior):

Protecția climatică predominantă

F
TA
TH
T
TF

În cele mai multe cazuri după condițiile regiunilor înconjurătoare

Pentru utilizarea staționară a produselor tehnice sînt valabile regiștrele marine respective

De cele mai multe ori TA

a — climă rece;

b — climă temperată;

c — climă uscată;

d — climă umedă — caldă;

e — climă de înălțimi (regiuni peste 2 500 m NN);

f — mări și lacuri mari;

g — cel puțin timp de o lună radiație globală medie de 2 600 cal/cm² și pe zi.

Tabela 1

Valori pentru climatele cele mai importante, din punct de vedere tehnic, de pe glob (după fig. 1)

Regiunea climatică	Climă temperată	Climă umedă caldă	Climă uscată caldă	Climă rece	Observații
Minimul absolut al temperaturii aerului (anual), °C	−45 foarte rar	−10 foarte rar în regiuni periferice	—	−65	—
Minimul mediu al temperaturii aerului (anual), °C	−30	3	−10	−50	—
Maximul mediu al temperaturii aerului (anual), °C	35	40	50	30	—
Maximul absolut al temperaturii aerului (anual), °C	45 foarte rar	45	55	35 în anumite locuri — rar	—
Maximul mediu al umidității relative a aerului în direcția limitei superioare de temperatură, %	80 % la 20°C	95 % la 35°C doar pe intervale scurte	80 % la 20°C	80 % la 20°C	—
Umiditatea absolută maximă în direcția limitei superioare de temperatură în regiuni de periferie, %	—	90 % la 40°C doar pe intervale scurte	—	—	—
Variația medie maximă a temperaturii aerului, °C	—	—	25° în 8 ore, în 28 de zile consecutive	—	—
Variația maximă absolută a temperaturii aerului, °C	—	—	40° în intervalul de 8 ore	—	—
Minimul mediu al umidității relative a aerului, %	—	—	$\leqslant$ 20 % la temperatura aerului $\geqslant$ 40°C	—	—
Minimul absolut al umidității relative a aerului, %	—	—	$\leqslant$ 10 % la temperatura aerului $\geqslant$ 55°C	—	—
Radiația medie globală cal cm^{-2} zi^{-1}	—	—	600*	—	* cel puțin timp de o lună
Temperatura maximă de suprafață, °C	—	—	85*	—	* obiect aspru, negru din material rău conducător de căldură
Rouă	—	da	da, foarte rar	—	—
Aer sărat	da pe litoral	da, numai pe litoral	da	—	—
Microorganisme	—	da	—	—	—
Termite	—	da, în cîteva regiuni	da, în cîte o regiune	—	—
Alți dăunători biologici	—	da	da	—	—

2. Clasificarea climelor după considerente tehnice, sisteme de protecție climatică

În ultimul timp autorii au aflat despre trei publicații care tratează împărțirea din punct de vedere climatic a pământului, după considerente tehnice [1], [2], [8].

În afară de acestea, au apărut în prescripțiile DIN 4040 [9] și VDE 0560 [10] propuneri privind standardizarea climatelor din încăperi închise.

Țările membre CAER au realizat clasificarea climatică redată în fig. 1. Clasificările climatice ale altor publicații [2], [8] concordă în ideile de bază destul de bine, cu toate că punctele de plecare ale raționamentelor au fost de altă natură.

Datele nominale privind clasificarea climatică din fig. 1 sînt trecute în tabela 1. În tabela 2 sînt cuprinse solicitările climatice admise ale diferitelor sisteme de protecție.

1. *Protecția climatică* TF

TF reprezintă prescurtarea pentru cuvintele „tropicus frigidus" (frig tropical). Această protecție climatică este valabilă pentru solicitări prin climă caldă și umedă, pentru climă caldă și uscată, climă temperată și climă rece. Ea cuprinde deci toate condițiile climatice existente pe pământ sub înălțimi de circa 2 200 NN.

2. *Protecția climatică* T

T este prescurtarea cuvîntului „tropicus" (tropical). Protecția se extinde asupra solicitărilor prin climă caldă și umedă.

Tabela 2

Solicitări climatice admise la diferite tipuri de protecție climatică

Solicitări climatice \ Tipuri de protecție climatică		TF	T	TH	TA	F
Temperatura aerului, °C	maximă	+55	+55	+40	+55	+30
	minimă	−55	−25	+ 5	−10	−55
Variația maximă a temperaturii în 8 ore, °C		40	40	10 [25]*	40	40
Umiditatea relativă a aerului la temperatura respectivă %	maximă	95% la 35°C	95% la 35°C	95% la 35°C [75% la 35°C]	+80% la +20°C	80% la 20°C
	minimă	10% la 40°C	10% la 40°C	[10% la 40°C]	10% la 40°C	—
Presiunea aburului, Torr	maximă	40	40	40 [30]*	14	14
	minimă	5	5	[5]*	5	—
Temperatura în pământ la 1 m adîncime, °C	maximă	+30	+30	+30	+30	+20
	minimă	− 2	− 2	+ 5	+ 5	− 2
Temperatura unei suprafețe negre, mate, °C		+ 85	+85	+75	+85	+75
Radiația globală, cal/cm² min		1,6	1,6	1,4	1,6	1,4
Rouă		+	+	+	(+)	(+)
Îngheț (inclusiv chiciură)		+	(+)	−	−	+
Praf și nisip		+	+	(+)	+	(+)
Microorganisme și bacterii		+	+	+	−	(+)
Insecte, rozătoare și alți paraziți		+	+	+	(+)	−

\+ Solicitarea adițională se manifestă în general și din punct de vedere tehnic.
(+) Solicitarea adițională se manifestă numai în mod izolat ca timp și loc de apariție.
— Solicitarea adițională și minimul nu au importanță tehnică.
* Valorile nominale în [] se referă la sistemul de protecție TS.

cum și prin climă temperată. Această protecție climatică cuprinde condițiile climatice ale acelor regiuni ale pămîntului în care trăiește cea mai mare parte a populației de pe glob.

3. *Protecția climatică* TH

TH este prescurtarea pentru „tropicus humidus" (umed tropical). Această protecție corespunde solicitărilor la climă umedă și caldă.

4. *Protecția climatică* TA

TA este prescurtarea pentru „tropicus aridus" (tropical uscat). Protecția corespunde solicitărilor la climă uscată și caldă.

5. *Protecția climatică* F

F este prescurtarea cuvîntului „frigidus" (rece). Acest tip de protecție corespunde solicitărilor la climă rece.

6. *Protectia climatică* TS

TS reprezintă prescurtarea pentru „tropicus subtropicus" (tropical subtropical).

Necesitatea acestui sistem de protecție este în discuție. El a fost propus mai mult din motive comerciale. Țările din CAER sînt libere să facă uz de acest sistem de protecție, sau nu.

Tipurile de protecție descrise mai sus iau în considerație doar clima mediului exterior în regiuni climatice mari. Fără îndoială că există însă și necesitatea de a se stabili gradații și pentru climatele interioare, deoarece majoritatea produselor tehnice — și în special cele mai sensibile — nu sînt utilizate în aer liber, ci se adăpostesc mai mult sau mai puțin protejat. Au și fost publicate deja propuneri care tratează indici pentru produse tehnice în clădiri [2], [8], [9], [10].

Definițiile utilizate în trecut pentru definirea încăperilor din punct de vedere al climei lor, cum ar fi încăperi „îngrijite" sau „neîngrijite", încăperi „locuite" și „nelocuite" etc. nu satisfac din punct de vedere tehnic, deoarece ele lasă o libertate prea mare interpretării personale.

Fără îndoială însă că există nevoia ca, pentru uzul general, să fie deosebite două categorii de încăperi, fără să se ia în considerație pentru încăperile industriale nenumăratele diferențieri datorite tehnologiei procesului de producție. Ele ar putea fi caracterizate — chiar dacă din punct de vedere tehnic nu pe deplin satisfăcător — cam în felul următor:

Încăperi exterioare sau spații sub acoperiș (de exemplu șoproane pentru depozitare, corturi etc.) sînt spații în care influența precipitațiilor și a razelor solare asupra produselor sînt excluse, însă climatul exterior acționează nestînjenit.

Încăperi închise sînt încăperile din clădiri, în care influența precipitațiilor și a razelor solare asupra produselor sînt excluse și în care atît temperatura, cît și umiditatea aerului pot fi esențial diferite față de climatul exterior. În plus, sursele de căldură și umiditate datorită prezenței permanente a oamenilor și animalelor, de exploatarea instalațiilor industriale etc., cum și surse de gaze și praf pot influența în mod esențial clima din încăperile închise.

În cercurile de specialitate s-a pus și problema de a se considera ca normă de apreciere pentru clasificarea climatelor din încăperi interioare consumul de calorii necesare pentru a se produce o climă normală (circa 20°C și 65% umiditate relativă) în imediata apropiere a produsului tehnic.

În special la obiecte mai mari, această normă de apreciere ar facilita hotărîrea dacă prevederea unor instalații de climatizare ar fi mai economică sau nu. Aceste discuții nu au putut fi încă epuizate.

La stabilirea indicilor pentru climatele interioare apare într-o măsură mai mare o contradicție care joacă un rol și în alte domenii ale protecției climatice.

Pentru produsele ale căror materiale sînt intensiv solicitate, cît și pentru instalații mari, se cere o cît mai detaliată descriere a datelor climatologice. Aceasta conduce natural la un număr mare de categorii de climate și astfel nu se pretează la o încadrare în norme.

În schimb, produsele de serie și vehiculele de tot felul necesită o clasificare și o generalizare cît mai largă a variatelor condiții climatice.

Pentru a se continua fructuoasele cercetări din ultimii ani în domeniul protecției climatice, apare ca necesar ca varietatea climatelor posibile în încăperile închise să se limiteze și ea la cîteva categorii. Dificultățile nu constau atît în stabilirea indicilor pentru climate de încăperi închise, cît mai ales în definiția precisă a climatelor interioare, de care va fi vorba.

3. Încercări climatice

În mai toate țările industriale există prescripții, respectiv standarde, asupra încercărilor climatice. Aceste prescripții și-au găsit expresia lor internațională în publicațiile I.E.C. 68 și 12/7. Conform acestora este posibil să stabilim clase de încercări [8].

Este vorba aici de o combinație între prescripții de încercare și gradele de severitate ale încercărilor pentru cîte o serie de solicitări (încercări) individuale bine definite și executate pe cale artificială.

Diferitelor tipuri de protecție climatică li se pot aplica încercări cu diferite grade de severitate, care pot fi stabilite prin înțelegerea dintre producător și beneficiar. În totalitatea lor, încercările permit deocamdată și în primul rînd doar precizări privind comportarea unui produs în spațiul de încercări climatice. Natural că se pot face deducții și asupra comportării produselor la utilizarea lor practică pe teren. Structura încercărilor, conform publicațiilor I.E.C. citate în mod repetat, permite o mulțime de posibilități din punctul de vedere al gradului de severitate.

După părerea autorilor va fi necesară încă multă muncă de cercetare pentru a permite stabilirea unei concordanțe precise între prescripțiile de încercare și tipurile de protecție climatică. Situația actuală permite fabricarea produselor protejate pentru „spațiul de încercări". Ea permite de asemenea stabilirea precisă a limitei de garanție pentru diferitele solicitări la încercări în privința comportării reale la utilizarea în practică, lipsesc însă de cele

mai multe ori elementele de comparație. În practică această situație s-a manifestat deseori în sensul că produsele tehnice protejate climatic s-au realizat cu cheltuieli prea mari, devenind astfel neeconomice.

4. Protecția suprafeței, alegerea materialului și problemele tehnologice

Produsele tehnice destinate utilizării în climatele extreme trebuie ca la o solicitare stabilită să aibă o suficientă durată de serviciu și un anumit grad de siguranță în exploatare. Durata de serviciu atribuită prezintă diferențe foarte mari în funcție de natura produsului. Astfel, la bateriile electrice uscate, ea poate fi cîteva ore, la mașini — ani, la vapoare și construcții feroviare — decenii și la clădiri — secole. Rezistența climatică nu trebuie interpretată niciodată absolut, ci doar relativ.

Alegerea materialului utilizat, protecția suprafeței, construcția tehnologică, cît și întreținerea au o influență hotărîtoare asupra duratei de serviciu.

Producătorul trebuie să facă deci alegerea corespunzătoare, astfel încît cheltuielile de producție și utilitatea economică să fie întotdeaua în concordanță.

Pe baza unor exemple se vor analiza în cele ce urmează cîteva considerații și măsuri fundamentale privind modul de a se obține produse electrotehnice rezistente din punct de vedere climatic. În cadrul acestui articol nu este posibil să se intre în amănunte și în explicații mai ample, deoarece acestea, prin volumul lor, ar depăși cadrul unui articol de revistă.

4.1. Protecția suprafeței prin vopsire [12]. Pentru obținerea unei suficiente rezistențe la coroziune și lipsa porilor sînt necesare în general cel puțin trei vopsiri.

Denumirea	*scopul, condiția*
1. Grunduirea :	O bună aderență, inhibitor de coroziune.
Șpăluiala :	Straturile șpăluite sînt dezavantajoase pentru solicitări climatice extreme. Ele sînt în general prea puțin grase, tind să absoarbă prea multă apă și să crape la variații de temperatură.
2. Prima vopsire :	Închide porii grunduirii, are efect bun de acoperire, produce un strat aderent la vopsirea finală.
3. Vopsirea finală :	Permeabilitate mică, nu se umflă ușor, duritate suficientă, culoare durabilă.

Sistemele de vopsire durabile presupun suprafețe metalice bine curățite. Trebuie să existe o concordanță între diferitele sisteme de vopsit. Grosimea necesară a diferitelor straturi se află între 0,08—0,1 mm.

O preparare a metalelor prin fosfatare sau cromatizare, corect realizate, aduce cu sine o protecție suplimentară contra coroziunii. Reactivitatea chimică a fierului se reduce, datorită cărui fapt apare o întîrziere a coroziunii.

Pentru oțel, fontă cenușie, oțel turnat și fontă maleabilă au corespuns, printre altele, următoarele sisteme de vopsit, care pot fi denumite tipice pentru anumite grupe :

		Liant
1. Grunduirea :	Grund de aderență din cromat de zinc	Ulei de tung fiert cu rășină fenolică
Strat intermediar de vopsire :	Nitrolac combinat	Rășină alhidică nitroricinică
Vopsirea finală :	Nitrolac combinat	Rășină alhidică nitroricinică
2. Grunduirea :	Miniu de plumb (barită)	Ulei de in sicativat
Primul strat intermediar de vopsire :	Miniu de plumb (barită)	Ulei de in sicativat
Al doilea strat intermediar de vopsire :	Vopsea de ulei anticorosivă	Ulei de in sicativat
Vopsirea finală	Vopsea de ulei anticorosivă	Ulei de in sicativat
3. Grunduirea :	Lac Vinoflex-PC, roșu-cafeniu	
Primul strat intermediar de vopsire :	Lac Vinoflex-PC, cenușiu	PVC tratată ulterior cu clor
Al doilea strat de vopsire :	Lac Vinoflex-PC, roșu-cafeniu	
Vopsirea finală :	Lac Vinoflex-PC, cenușiu	
4. Grunduirea :	Grund de aderență din cromat de zinc	Rășină alhidică tratată cu ulei și cu rășină melaminică
Prima vopsire :	Lac izolant, cenușiu	
Vopsirea finală :	Lac izolant cenușiu	

Pentru aluminiu și aliajele sale se pot utiliza principial aceleași vopsiri. Natural însă că aici nu se poate utiliza o grunduire cu vopsele conținînd plumb. Ca grund avînd acțiune de pasivizare s-au comportat foarte bine pigmenții pe bază de cromat de zinc.

O lăcuire a materialelor stratificate sau de presare nu este de recomandat în toate cazurile. Ea prezintă avantaje doar cînd higroscopicitatea este foarte ridicată.

Dacă însă absorbția de apă la o suprafață de material de circa 100 cm² este sub 1,5% din greutate, lăcuitul nu mai este necesar în general. Pentru materialele stratificate și de presare, lacurile de cuptor melamino-alhidice, respectiv lacurile din rășină aminoepoxidică, au corespuns.

Strîns legată de protecția suprafeței este protecția împotriva atacului microorganismelor.

În literatură sînt indicate diferite fungicide destinate a împiedica atacul microorganismelor [13], [14], [15].

La sistemele de vopsire a dat rezultate bune pentaclor-fenolatul de sodiu. Pentaclor-fenolatul de sodiu este solubil în apă și trebuie deci plasat în structurile de vopsire direct sub stratul

de vopsea de acoperire. Porii stratului de vopsea de acoperire permit trecerea unei mici cantități de apă, care au o influență dizolvantă asupra pentaclor-fenolatului de sodiu.

Pentru protecția părților de bobinaj, a cablurilor, a aparatelor și instalațiilor se pot utiliza diverse fungicide, după condițiile impuse. Alegerea fungicidelor se poate face după literatura de specialitate indicată mai sus.

În general se poate observa că umiditatea ridicată a aerului (peste 80%), cum și aerul liniștit, reprezintă condiții favorabile pentru atacul microorganismelor.

5. Protecția suprafeței prin acoperiri galvanice

În general se pot utiliza fără protecție prin galvanizare piesele executate din următoarele metale :

Metale nobile (aur și platină), oțeluri inoxidabile cu suprafețe lustruite, aliaje din materiale magnetice sub formă laminată și cu suprafețe lustruite, bronzuri de staniu cu un conținut de cositor de peste 12%.

De asemenea, nu se vor aplica straturi galvanice pe aluminiu, cît și pe aliajele sale și nici pe aliajele pe bază de zinc.

Fileturile cu un diametru pînă la 6 mm se vor executa de preferință din alamă cu 6 μ nichel. Fileturi mai mari se pot executa din oțel cu un strat de cadmiu de 12 μ. De asemenea, s-a comportat bine la fileturi mai mari un strat de protecție pe bază de cupru, nichel și crom cu o grosime minimă de 12 μ.

Materialul pentru arcuri se va executa din bronzuri de beriliu sau bronzuri fosforoase. Executarea din oțel este posibilă numai cînd este vorba de grosimi de la 1 mm în sus. În acest caz se poate utiliza, ca protecție, un strat de cadmiu pasivizat de cel puțin 12 μ.

Se recomandă ca piesele de oțel care au fost acoperite cu cadmiu să fie dehidrogenate printr-un tratament termic la 150°C timp de cinci ore. Pentru celelalte piese de oțel se recomandă următoarele acoperiri galvanice și grosimi de straturi [16], [17], [18], [19]. (tabela 3).

6. Materiale electroizolante rezistente climatic

Se pune din ce în ce mai des problema rezistenței climatice a materialelor și în primul rînd a materialelor electroizolante. Această

Tabela 3

Suprafețe galvanizate pe oțel/grosimile straturilor în μ pentru diferite locuri de utilizare

Stratul (simbol)		TH	TA	Atmosferă industrială	Climă maritimă	Încăperi normale (interioare)
Zinc (gal-Zn)	6	—	—	—	—	6
	12	—	12[1] [3]	—	—	12[1]
	24	24[1] [3]	24[1] [3]	24[1] [3]	24[1] [3]	—
Cadmiu (gal-Cd)	6	—	6[1] [3]	—	—	6[1]
	12	12[1] [3]	12[1] [3]	12[1] [3]	12[1] [3]	—
Nichel (gal—Ni) (Cu—Ni)	12	—	—	—	—	12
	24	24	24	—	—	24
	36	36	36	36	36	—
	48	48	—	48	48	—
Nichel Crom (gal—Ni Cr)	12	—	—	—	—	12[2]
	24	24+(0,3)	24+(0,3)	—	—	24+(0,3)
	36	36+(0,3)	36+(0,3)	36+(0,3)	36+(0,3)	—
	48	48+(0,3)	—	48+(0,3)	48+(0,3)	—
Cupru (gal—Cu)	12	—	—	—	—	12[2]
Cositor (gal—Zn)	24	—	24	—	—	24
	36	36	36	36	36	—
Plumb (gal—Pb)	36	36	36	36	36	36

[1]) Cromatizat sau bicromatizat.
[2]) Lăcuit sau parafinat ulterior.
[3]) Cînd se contează pe influența sării, este prevăzut un strat mai gros.

problemă nu poate fi rezolvată atît de simplu, deoarece clima reprezintă un complex de influențe climatologice, foarte diferite în efectele lor.

Dacă se cer rezultate optime din punctul de vedere al durabilității, atunci trebuie utilizate materiale special adaptate condițiilor în cauză. De exemplu, un tub izolator din PVC (policlorură de vinil) se poate comporta admirabil într-o climă umedă și caldă, devenind însă casant după un timp relativ scurt într-o climă uscată și caldă.

Utilizarea unor tuburi din mătase de sticlă impregnate cu lacuri de silicon sau cauciuc siliconic va da în ambele cazuri rezultate optime. Din punct de vedere economic însă, prețul relativ ridicat pune la îndoială problema avantajului utilizării lor la anumite produse.

Rezistența climatică a materialelor electroizolante trebuie considerată întotdeauna din punctul de vedere al utilizării lor, al funcțiunii ce urmează s-o îndeplinească și în multe cazuri din punctul de vedere al costului și al posibilității tehnologice de prelucrare.

Natural că pentru anumite produse, cum ar fi lacul electroizolant, materialele stratificate și de presare, sisteme de acoperire, izolații de conducte, izolații de crestături, acoperiri galvanice și unsori se pot stabili și au fost chiar stabilite condiții minime [7], [20].

Sînt necesare eforturi în continuare din partea producătorilor de produse electrotehnice, pentru a alege cele mai potrivite materiale pentru fiecare din produsele lor și mai ales pentru a controla comportarea stabilă față de condițiile puse.

Recapitulare

Este dată o privire generală a stadiului cunoscut în prezent al rezistenței climatice a produselor electrotehnice. Este tratată o împărțire a climatelor pămîntului din punct de vedere tehnic. Actualmente, tipurile de protecție climatică formează elementul de legătură între solicitările climatice la utilizarea practică, încercări și măsurile constructive sau tehnologice.

Prescripțiile apărute pînă acum nu conțin indicații precise asupra garanțiilor posibile, durata de serviciu și rezistența în exploatare. Sînt necesare lucrări comparative privind influența climei la utilizarea practică față de spațiile climatice, pentru determinarea coeficienților de raportare.

Lucrarea este completată cu date de ordin general privind protecția suprafeței prin vopsire, respectiv prin straturi de acoperire galvanică, cum și indicații asupra mijloacelor de prevenire a formării microorganismelor.

În ultimii ani în literatura de specialitate s-au dat numeroase indicații, astfel că principial este posibil ca pentru toate cazurile, care se iau în considerare, să se utilizeze materiale electroizolante corespunzătoare, cu care s-au obținut rezultate bune. Problemele de bază din domeniul rezistenței climatice a produselor electrotehnice pot fi considerate în general ca fiind rezolvate. Obligația de a produce produse tehnice rezistente din punct de vedere climatic trece tot mai mult din domeniul cercetării în sfera de activitate a tehnologilor și a inginerilor din producție, cum și în domeniul controlului curent al calității prin încercări corespunzătoare.

Bibliografie

[1] *Böer W.* și *Fritsche O.*: Über Grundsätze der Klimaeinteilungen für technische Zwecke. ETZ-A **80** (1959) 2, 40—43.

[2] *Burchard H.* și *Hoffmann G.*: Beitrag zur Klimaklassifizierung technischer Geräte. ETZ-A, **79** (1958) 315—321.

[3] TGL Empfehlung der DDR 6351. Beschreibung der Klimazonen der Erde zum Zwecke der Klimaklassifikation nach technischen Gesichtspunkten.

[4] TGL 6626 Entwurf 1958. Klimaschutzarten.

[5] Technische Untersuchungsberichte des Klimalaboratoriums im VEB „Hans Beimler" Hennigsdorf b. Berlin (manuscris).

[6] *Rychtera M.*: Aufnahme von Feuchtigkeit durch Nichtleiter unter Einwirkung tropischer Klimate. Buletin über Probleme des Klimaschutzes elektrotechnischer Erzeugnisse Nr. 1. Herausgeber: Arbeitsgruppe Klimaschutz der Sektion 10.

[7] *Fritsche O.* și *Kahl W.*: Tropenschutz elektrotechnischer Erzeugnisse. Verlag Technik Berlin, 1958.

[8] *Burchard H.*: Klimaschutz und Oberflächenschutz. Metall **13**, 6.

[9] DIN 40040 Entwurf Juli 1958. Elektrische Bauelemente der Nachrichtentechnik. Anwendungsklassen und klimatisch-mechanische Prüfungen: allgemeine Richtlinien.

[10] VDE 0560 Teil 1a),... 1959. Regeln für Kondensatoren. Allgemeine Bestimmungen Tafel 5 Häufig vorkommende Klimate und deren Daten.

[11] TGL-Empfehlung 6351. Beschreibung der Klimazonen der Erde.

[12] VEM Normen 11001. Bereichsnormen für die Starkstromelektrotechnik d. DDR. Herausgeber: Prüffeld für Hochleistungstechnik. Berlin/Mahrzahn — Ausgabe 1956.

[13] *Ganz E.* și *Wälchi O.* Les moisissures dans les appareils électroniques, Bull. Ass.suisse Électr. **46** (1955) 6, 233—239.

[14] *Fritsche O.* și *Kahl W.*: Untersuchungen von Werkstoffen und Halbfabrikaten, Dtsch. Elektrotechnik **10** (1956)9.

[15] *Jamanow A. S.* și *Albitzkaja O.*: Anwendung von Fungiciden zur Erhöhung der Pilzfestigkeit elektrischer Isolation unter tropischen Bedingungen. Bulletin über Probleme des Klimaschutzes elektrotechnischer Erzeugnisse. Herausgeber: Arbeitsgruppe Klimaschutz elektrotechnischer Erzeugnisse der Sektion **10** (1958) 1.

[16] VEM Norm 12701. Bereichsnormen für die Starkstromelektrotechnik der DDR Herausgeber: Prüffeld für Hochleistungstechnik, Berlin/Mahrzahn.

[17] DIN-Norm 50960. Galvanische Oberflächen.

[18] VEM 11001 Klimaschutz elektrotechnischer Erzeugnisse. Ausgabe 1958.

[19] *Bilfinger R.*: Klimaschutz durch genormte galvanische Metall-überzüge. Dtsch. Elektrotechnik **11** (1957) 3 116—123.

[20] DIN 7708. Formpressmassen.

Intrat în redacție la 16 octombrie 1959.

Izolația mixtă: micabanda compoundată — micafoliu presat la cald, un nou sistem de izolație a barelor de stator din turbogeneratoare

Aurel Nanu — Timișoara*

Izolarea trainică a înfășurărilor statorice ale turbogeneratoarelor contribuie la buna funcționare a acestora și la rezistență mărită față de supratensiuni. Autorul prezintă un nou sistem de izolație susceptibil de aplicare la turbogeneratoarele fabricate în țară.

CZ 621.315.613.1 :621.313.322 – 81.045.18

Izolația de grosime relativ mică, folosită la barele de stator din turbogeneratoare, se datorește în primul rînd tendinței de a se utiliza la maximum zona activă a mașinii.

Deși grosimea este relativ mică, ea trebuie să mai asigure și rezerve de rigiditate dielectrică, deoarece supratensiuni de cîteva ori tensiunea nominală sînt frecvente la astfel de mașini. La platformă izolația barelor de stator din turbogeneratoarele de 6 000 V trebuie să reziste timp de un minut la tensiunea de 22 500 V.

Dată fiind această situație, materialul dielectric utilizat pentru o astfel de izolație trebuie să prezinte o rigiditate dielectrică ridicată și pierderi dielectrice scăzute, deoarece pierderi mari duc la încălzirea izolației, ceea ce favorizează îmbătrînirea și deci străpungerea prematură a dielectricului.

Dacă într-un dielectric omogen expresia pierderilor dielectrice este :

$$P_1 = U^2 \omega c \operatorname{tg}\delta \qquad (1)$$

atunci într-un material electroizolant neomogen, cu incluziuni de aer sau gaz, pierderile vor fi :

$$P_2 = U^2 \omega c \operatorname{tg}\delta + \frac{E^2 \cdot h \cdot n \cdot S_x \omega}{16 \pi^2} \qquad (2)$$

în care :

E este intensitatea cîmpului electric din incluziuni ;

h — grosimea stratului de aer din incluziuni ;

n**) — numărul de străpungeri ale stratului de aer din incluziuni, pe timpul unei perioade ;

S_x — suprafața stratului de aer ;

ω — pulsația curentului alternativ ($\omega = 2 \pi f$).

Se poate deci scrie că :

$$P_2 = P_1 + P_x$$

în care :

P_1 reprezintă pierderile dielectrice din partea omogenă a dielectricului ;

P_x — pierderile din incluziunile de aer sau gaz.

Cum însă într-o izolație obișnuită există totdeauna pori de aer sau gaz și cum la înaltă tensiune și grosime mică a izolației E este totdeauna mare, crescînd odată cu creșterea tensiunii și datorită faptului că în expresia pierderilor din incluziuni apare E^2, înseamnă că P_x este mare și deci pierderile totale P_2 mai mari decît P_1.

$P_2 = P_1$, numai cînd $P_x = 0$. Aceasta este situația spre care se tinde în izolația mașinilor care lucrează la înaltă tensiune. Or, această situație se poate realiza numai prin îndepărtarea porozității din izolație.

Produsele pe bază de mică, de exemplu micafoliu și micabandă, au fost de la început folosite pentru izolația mașinilor electrice, care lucrează la tensiuni înalte. Ele îndeplinesc oarecum condițiile arătate. Pe de o parte mica prezintă o rigiditate dielectrică ridicată, iar materialul liant (lacul schellac, gliptalic, lac oleobituminos etc.) în urma tratamentului la cald și la presiune umple aproape toate golurile și deci porozitățile din izolație sînt aproape înlăturate.

Primul sistem de izolație adoptat la barele de stator din turbogeneratoarele de 6 000 V/ /3 000 kW fabricate în țară a fost cu micafoliu presat la cald două ore, 250°C pe partea centrală dreaptă a barei și cu micabandă înfășurată manual la rece pentru coturi [2].

Deoarece s-a constatat că pe partea dreaptă a barei pierderile dielectrice erau totuși relativ mari, iar la coturi aceste pierderi erau și mai mari, aproximativ dublul pierderilor de pe partea dreaptă, s-a tras concluzia că atît în izolația cu micafoliu, cît și mai ales la coturi, există încă multe incluziuni de aer (fig. 1,*a*), care fac ca pierderile să fie mari.

Pierderile mari ($\operatorname{tg}\delta$) la coturi și stratul de discontinuitate al izolației imediat în apropierea cotului (trecerea de la micafoliu presat la cald la micabandă înfășurată la rece), au dus la izolarea barelor de stator pe toată lungimea lor cu micabandă înfășurată la rece, care apoi se compoundează. Se obține astfel o izolație omogenă pe toată lungimea barei, o înlăturare a porozității acesteia prin compoundare (fig. 1, *b*), deci și pierderi dielectrice mai mici decît în primul caz. Întregul proces de compoundare și rezultatele obținute prin această metodă au fost arătate în [3].

*) Ing. *A. Nanu* este conferențiar la Institutul Politehnic din Timișoara.

**) *n* poate lua valorile 4 ; 8 ; 18 etc. ([1], p. 94).

Pe lîngă avantajele date de izolația cu micabandă compoundată (lipsa de porozitate și omogenitatea materialului pe toată lungimea barei), ea prezintă și unele dezavantaje de care trebuie să se țină seamă în timpul construcției și exploatării turbogeneratorului și care au determinat găsirea unei soluții noi de izolare.

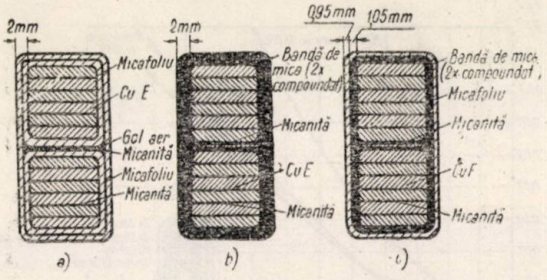


Fig. 1. Tipuri de izolație pe partea dreaptă la barele de stator din turbogeneratoarele C.M.R. de 6 000 V/3 000 kW:

a – izolație din micafoliu presat la cald; *b* – izolație din micabandă compoundată; *c* – izolația mixtă: micabandă compoundată – micafoliu presat la cald.

Pentru a se exemplifica cele afirmate, se specifică următoarele: după compoundare, prin desfășurarea de pe izolație a ultimului strat de bandă textilă care a fost folosit în procesul de compoundare, suprafața izolației rămîne neregulată, cu asperități [3]. Odată cu banda textilă, cade de pe izolație și o parte din compoundul depus, deci grosimea izolației rămîne neuniformă de-a lungul barei; aceasta, cu atît mai mult cu cît compoundul folosit este mai sfărîmicios (casant).

În timpul funcționării turbogeneratorului, datorită trepidațiilor, compoundul dacă este casant se poate sfărîma și transforma în praf care cade din ancoșe, sau la supraîncălziri el se poate înmuia și curge din izolație, datorită plasticității sale mai ridicate, în ambele cazuri grosimea izolației devenind și mai neuniformă.

Datorită tuturor acestor cauze, bara izolată nu mai umple complet și uniform ancoșa, apare un strat de aer cu grosime neregulată între bară și ancoșă, strat de aer cu vîrfuri la care intensitatea cîmpului electric poate fi mare și deci posibilitate ușoară de descărcări electrice, care treptat distrug întreaga izolație a barei, ajungîndu-se la străpungerea sa dielectrică.

În această situație apare ca necesar crearea unei suprafețe uniforme și continue exterioare, cum și a unui suport mecanic al micabenzii compoundate, deci necesitatea unei teci electroizolante care să înlăture dezavantajele amintite. Apare deci necesitatea unei izolații mixte: micabandă compoundată — micafoliu presat la cald (fig. 1, *c*).

Fiind vorba de o izolație mixtă însă, se pune problema de a verifica dacă ordonarea straturilor de material este după valorile descrescătoare ale constantelor dielectrice.

Se știe că în cazul existenței unei izolații cu două straturi de dielectrici, de constante ε_1 și ε_2, pot apărea trei cazuri distincte (fig. 2), după valorile relative ale lui ε_1 și ε_2.

Pornind de la expresia intensității cîmpului electric pentru cazul prezentat:

$$E = \frac{U \varepsilon_1 \varepsilon_2}{x \varepsilon_x \left(\varepsilon_1 \ln \frac{r_3}{r_2} + \varepsilon_2 \ln \frac{r_2}{r_1} \right)} \qquad (4)$$

în care:

U este tensiunea la care se găsește conductorul izolat;

x — o rază oarecare: $r_1 < x < r_3$;

ε_1 — constanta dielectrică a primului strat izolator;

ε_2 — constanta dielectrică a stratului doi izolator;

ε_x — constanta dielectrică corespunzătoare razei x.

(ε_x poate lua valorile ε_1 sau ε_2 și anume: $\varepsilon_x = \varepsilon_1$ cînd $r_1 < x < r_2$ și $\varepsilon_x = \varepsilon_2$ cînd $r_2 < x < r_3$) se observă că cea mai avantajoasă variație a lui E apare pentru cazul: $\varepsilon_1 > \varepsilon_2$, cînd intensitatea cîmpului electric în izolație variază sub forma unor dinți de ferestrău și se poate considera întreaga izolație solicitată de o intensitate de cîmp medie E_{med}, cuprinsă între valorile E_{max} și E_{min}. Cu cît grosimea straturilor este mai apropiată, cu atît E_{med} se poate considera mai constant.

În cazul cînd $\varepsilon_1 = \varepsilon_2$, stratul al doilea izolator, deși calitativ la fel cu primul, este totuși solicitat la un cîmp mult prea mic față de

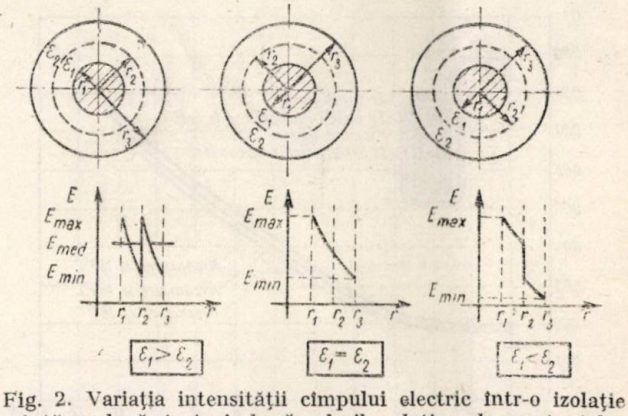


Fig. 2. Variația intensității cîmpului electric într-o izolație mixtă cu două straturi, după valorile relative ale constantelor dielectrice.

posibilitatea sa izolatoare și, în cazul $\varepsilon_1 < \varepsilon_2$, stratul al doilea deși superior calitativ este supus unui cîmp mult mai mic decît primul strat; apare tocmai situația inversă de cum ar trebui să fie.

În această situație, evident că soluția care trebuie aleasă este $\varepsilon_1 > \varepsilon_2$.

Pentru cazul adoptat (fig. 1, *c*) : micabandă compoundată în grosime de 1,05 mm și micafoliu presat la cald în grosime de 0,95 mm, apar constantele dielectrice :

$\varepsilon_1 = 5$ (micabandă compoundată)

$\varepsilon_2 = 4$ (micafoliu presat la cald)

deci $\varepsilon_1 > \varepsilon_2$ și astfel întreaga izolație lucrează

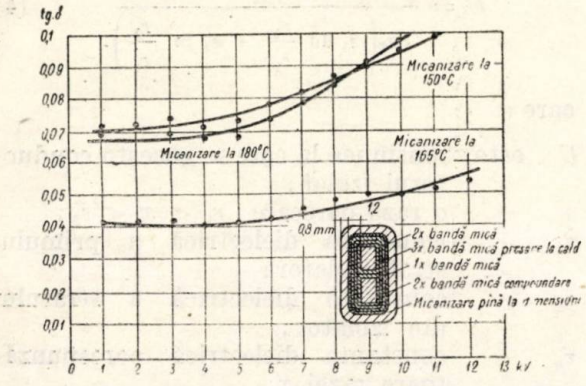


Fig. 3. tg δ = f (U) la barele de stator izolate cu micabandă compoundată și presată la 1,2 mm grosime și micafoliu presat la cald 0,8 mm. Izolația mixtă $\varepsilon_1 > \varepsilon_2$; porțiunea dreaptă a barei.

la un cîmp electric mediu E_{med} constant, coeficientul de utilizare a izolamentului $\left(\eta = \frac{E_{med}}{E_{max}}\right)$ fiind bun.

După ce s-au fixat materialele electroizolante, ordinea în care ele se așază pe bară și grosimea straturilor respective, pentru a se pune în practică sistemul adoptat, trebuie determinat și procesul optim de micanizare a barei compoundate, în așa fel încît micanizarea să nu altereze calitățile micabenzii compoundate.

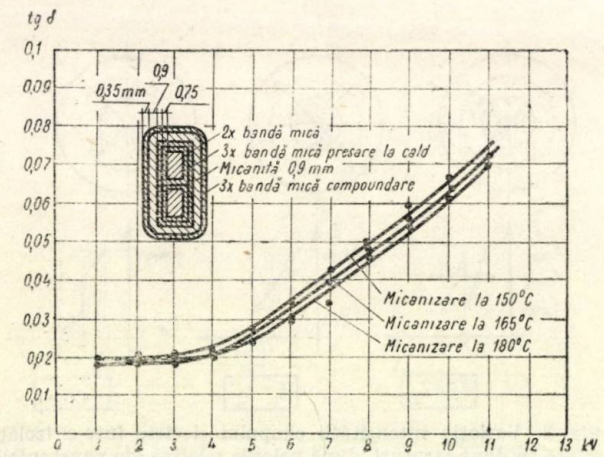


Fig. 4. tg δ = f (U) la barele de stator izolate cu micabandă compoundată și presată la 0,75 mm grosime, micafoliu presat la cald 0,9 mm, apoi din nou micabandă compoundată 0,35 mm. Izolație mixtă $\varepsilon_1 < \varepsilon_2$; porțiunea dreaptă a barei.

Temperatura de micanizare (presarea micafoliului la cald pe baza izolată cu micabandă compoundată) trebuie să asigure o perfectă aderență a micafoliului de micabanda compundată, o înlăturare a porozității prin introducerea compoundului în pori, respectiv a lacului din micafoliu. Această temperatură trebuie să fie cuprinsă între temperaturile de înmuiere a compoundului și lacului, însă nu prea ridicată, pentru ca acest material să nu se scurgă.

Analizîndu-se aceste temperaturi, rezultă un

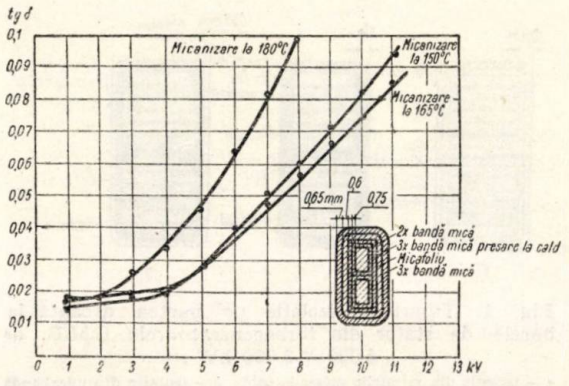


Fig. 5. tg δ = f (U) la barele de stator izolate cu micabandă compoundată și presată la 0,75 mm grosime, micafoliu presat la cald 0,6 mm, apoi din nou micabandă compoundată 0,65 mm. Izolație mixtă $\varepsilon_1 < \varepsilon_2$; porțiunea dreaptă a barei.

domeniu termic cuprins între 160 și 170°C, în care trebuie să se plaseze regimul de prelucrare.

Concluziile teoretice prezentate au fost verificate prin experiment.

În acest sens s-au realizat bare izolate mixt, în varianta $\varepsilon_1 > \varepsilon_2$ și $\varepsilon_1 < \varepsilon_2$ și de grosimi diferite ale straturilor izolante.

Pe aceste bare s-au experimentat trei regimuri de micanizare și anume acela de 150 ; 165 și 180°C. Rezultate optime s-au obținut cu regimul

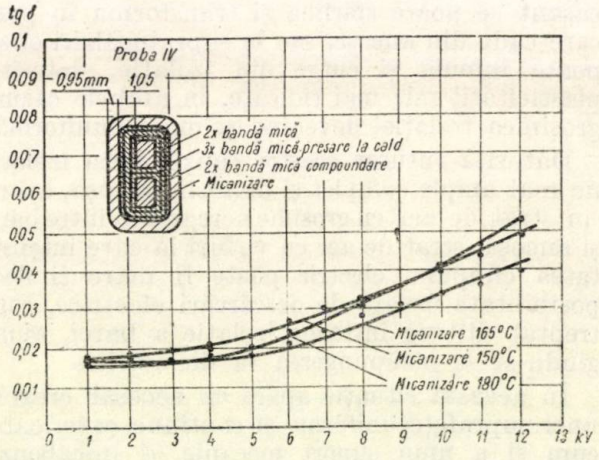


Fig. 6. tg δ = f(U) la barele de stator izolate cu micabandă compoundată și presată la 1,05 mm grosime și micafoliu presat la cald 0,95 mm. Izolația mixtă $\varepsilon_1 > \varepsilon_2$; porțiunea dreaptă a barei.

de 165°C, temperatura la presare a micafoliului pe micabanda compoundată (micanizare), lucru care apare evident din curbele din fig. 3, 4, 5 și 6, în care se prezintă variația pierderilor dielectrice ca funcție de tensiunea aplicată

izolației [tg $\delta = f(U)$] la bare cu izolația mixtă organizată în sistemul $\varepsilon_1 > \varepsilon_2$ (fig. 3 și 6) și $\varepsilon_1 < \varepsilon_2$ (fig. 4 și 5).

Confirmarea și experimentarea soluției adoptate au dus la concluzia că rezultatele optime se obțin la izolația mixtă în cazul cînd straturile

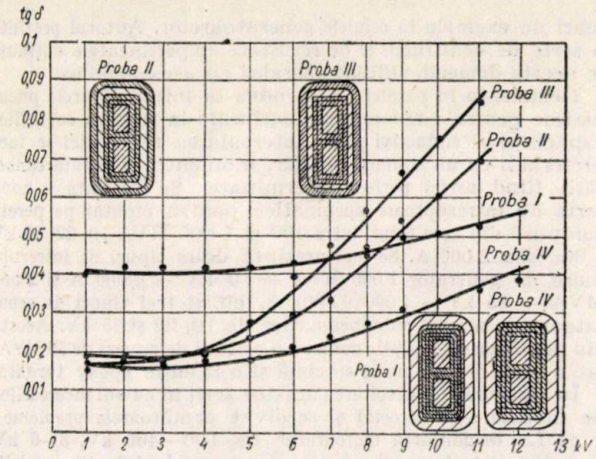


Fig. 7. tg $\delta = f(U)$ la barele de stator cu izolație mixtă; micanizare la 165°C. Porțiunea dreaptă a barei.

de material se ordonează în sensul $\varepsilon_1 > \varepsilon_2$, grosimea straturilor este aproximativ aceeași și temperaturile de laminare la cald 165°C (fig. 7).

Făcîndu-se o comparație între cele trei sisteme de izolare prezentate și indicîndu-se pentru fiecare sistem rezultatele obținute pentru tg $\delta = f(U)$ (fig. 8), se observă că izolația mixtă (curba *1*) dă pierderi minime la aceleași tensiuni, față de izolațiile simple cu micafoliu (curba *3*) și micabandă compoundată (curba *2*).

Într-adevăr, analizîndu-se curbele din fig. 8, rezultă că la 1 000 V, pierderile dielectrice în izolația mixtă sînt de 2,19 ori mai mici decît la izolația simplă cu micafoliu și de 1,75 ori mai mici decît la izolația simplă cu micabandă compoundată; la 3 000 V de 2,65 ori mai mici față de micafoliu și de 2 ori mai mici față de micabandă, iar la 6 300 V de 4 ori mai mici decît la micafoliu și de 1,6 ori mai mici față de izolația cu micabandă compoundată.

Pe lîngă avantajele de pierderi dielectrice mai mici, rigiditate dielectrică corespunzătoare, izolația mixtă mai prezintă avantajele de a asigura un cîmp electric mediu uniform pe toată grosimea izolației, o grosime constantă a acesteia, o suprafață complet netedă, deci o posibilitate de fixare exactă în ancoșe. În plus, teaca de micafoliu asigură o rigiditate mecanică mai mare, împiedică sfărîmarea compoundului și o eventuală scurgere a sa la supraîncălziri locale.

Față de avantajele tehnice prezentate, dintre cele trei sisteme de izolare, sistemul cu izolația mixtă este cel mai recomandat.

Sistemul de izolație mixtă nu reprezintă însă cea mai perfectă soluție de izolare; și acest sistem posedă părți negative, dintre care cea

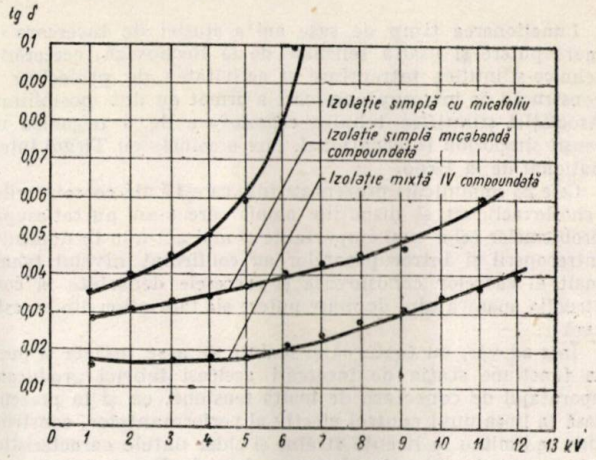


Fig. 8. tg $\delta = f(U)$ la barele de stator cu diferite sisteme de izolare:

1 – izolație simplă cu micafoliu; *2* – izolație simplă cu micabandă compoundată; *3* – izolație mixtă: micabandă compoundată – micafoliu presat la cald. Porțiunea dreaptă a barei.

mai importantă este reziduul de porozitate care mai persistă încă în dielectric, apoi faptul că la începutul curburii apare un strat de discontinuitate (cele două porțiuni terminale ale micafoliului) care formează locurile periculoase ale izolației.

Totuși, față de sistemele de izolare simple, amintite, sistemul mixt este superior.

Pentru viitor se întrevede un nou sistem de izolare cu mase plastice presate pe bare în matrițe vidate, sau prin extrudere, pentru completa înlăturare a porozității din izolație, asigurîndu-se în același timp un proces tehnologic mult mai economic.

Bibliografie

[1] *MEEIE* : Izolația mașinilor electrice. Editura Energetică de Stat, București, 1953.

[2] *Nanu A.* : Considerațiuni critice asupra izolației statorului la primele turbogeneratoare fabricate în țară. Electrotehnica **4** (1956) 3, 116–124.

[3] *Nanu A.* : Asupra compoundării izolației statorice la turbogeneratoarele fabricate de C. M. Reșița. Electrotehnica **7** (1959) 2, 64–66.

[4] *Kozirev I.* : Despre rigiditatea dielectrică a izolației dintre spire la mașinile de înaltă tensiune. „Electricestvo" **76** (1956) 8.

[5] *Richter R.* : Înfășurările mașinilor electrice. Editura Tehnică, București, 1958.

Intrat în redacție la 24 iunie 1959.

Referate

DIN REFERATELE PREZENTATE LA SIMPOZIONUL INTERNAŢIONAL „TEHNICA ÎNTRERUPERII ŞI DISJUNCTOARE DE ÎNALTĂ TENSIUNE" *Praga, 10 — 19 septembrie 1959*

CZ 621.316.57 :061.3(437)

Funcţionarea timp de şase ani a staţiei de încercare de mare putere şi înaltă tensiune de la Bechovicě, cercetările tehnico-ştiinţifice întreprinse şi activitatea de proiectare şi construcţii de întreruptoare care a urmat au dat posibilitate Asociaţiei ştiinţifice tehnice cehoslovace de a organiza un reuşit simpozion internaţional, care a coincis cu Tîrgul internaţional de la Brno.

Cele 23 comunicări prezentate (din care 17 ale cercetătorilor cehoslovaci), cît şi discuţiile ample care s-au purtat asupra problemelor celor mai importante şi mai actuale în domeniul întreruperii şi întreruptoarelor au confirmat nivelul tehnic înalt al cadrelor cehoslovace şi succesele deosebite în construcţia aparatajului de mare putere ale fabricilor din această ţară.

Într-adevăr, cu toate că şi înainte de a se instala şi pune în funcţiune staţia de încercări, aceleaşi fabrici produceau aparatajul de conectare de înaltă tensiune, ca şi în prezent, însă în lipsa unui control efectiv al performanţelor, construcţiile se limitau la licenţe străine şi chiar datele caracteristice nu se puteau garanta de către fabrici. După punerea în funcţiune a staţiei de încercare s-a constatat că, aproape fără excepţie, performanţele nominale în realitate nu erau atinse.

Este meritul profesorului dr. *Řeznicek* de la Politehnica din Praga de a fi militat fără şovăire, încă din 1938, pentru construirea unei staţii de încercări de mare putere şi înaltă tensiune. În regimul de democraţie populară şi după socializarea mijloacelor de producţie, schimbări importante s-au produs atît în fabrici, cît şi în laboratoarele de cercetare şi dezvoltare. Din resursele statului socialist s-a înfiinţat Institutul de Stat pentru cercetări electrotehnice de curenţi tari, care a fost dotat cu o staţie nouă de încercări şi cercetări de mare putere (5 000 MVA direct). Astfel s-au creat condiţii pentru o activitate rodnică nu numai colectivelor de specialişti în aparate de conectare ai institutului, dar şi laboratoarelor de cercetări şi centrelor de studii şi cercetări din industrie, învăţămînt, instituţii ştiinţifice etc. care toate utilizează din plin posibilităţile staţiei de încercare la putere de rupere.

Azi se poate vorbi de o experienţă proprie a acestor colective cu efecte de cea mai mare importanţă.

Toate aparatele de conectare fabricate în Cehoslovacia au parametri şi caracteristici garantate. O serie de aparate au fost reconstruite după principii tehnice noi, cu tehnologie şi materiale moderne, rezultînd o majorare considerabilă a performanţelor. Construcţii noi şi moderne au apărut în toată gama de aparate.

Activitatea şi colaborarea continuă febril la staţia de încercări, colectivele de cercetare menţinînd un contact continuu şi strîns cu proiectanţii şi cu constructorii din fabrici. Staţia de încercări devine astfel centrul dezvoltării aparatajului modern. În plus, se studiază şi perfecţionează metodele şi utilajul pentru încercările aparatelor de conectare, contribuindu-se la stabilirea de noi dispoziţii normative, între altele la redactarea sau corectarea recomandărilor CEI.

Nivelul înalt atins de colectivele de cercetători şi constructori în domeniul aparatelor de conectare de înaltă tensiune reiese clar din examinarea referatelor prezentate la simpozion. În cele ce urmează redăm numai cîteva din aceste referate, altele urmînd a fi publicate în numerele viitoare ale revistei noastre.

M.R. Mihula (RCS): **Întreruptoare pneumatice şi separatoare de sarcină de înaltă tensiune pentru destinaţii speciale.** 19 p., 23 fig.

La medie tensiune în aprecierea puterii de rupere intervin, în afară de tensiunea de restabilire şi de influenţele reţelei, probleme şi condiţii de deconectare a consumatorilor, sau a bateriilor de condensatoare, cele privind solicitările maxime locale în reţea, în fine între acestea întreruperea curenţilor mari de exemplu în celulele generatoarelor. Autorul prezintă o serie de construcţii şi de rezultate experimentale obţinute în aceste domenii, utilizînd aparataj cu aer comprimat.

Rezistenţa în paralel s-a introdus la întreruptoarele pneumatice pentru a reduce supratensiunile la ruperea curenţilor capacitivi şi inductivi mici. Intercalarea rezistenţei se face preferabil cu un contact auxiliar, momentul şi durata conectării fiind astfel perfect determinate. Se prezintă o nouă serie de întreruptoare pneumatice pentru montaj pe perete compusă din zece tipuri între 400 şi 1 000 MVA 10, 22, 35 kV 1 000 sau 2 000 A. Se mai prezintă două tipuri de întreruptoare de generator 1 000 MVA — 10 kV — 4 000 A şi 2 000 MVA — 15 kV — 4 000 (6 000) A, cît şi trei tipuri de separatoare de sarcină autopneumatice de 10, 22 şi 35 kV. Acesta din urmă, de o concepţie nouă cu o putere de rupere de 50 MVA, are o cameră de stingere specială şi o izolaţie epoxy turnată.

În legătură cu dezvoltarea acestor serii în cursul încercărilor pe modele s-au cercetat şi rezolvat următoarele probleme:

a) La declanşarea motoarelor de 100—400 kV, 3—6 kV s-au înregistrat uneori supratensiuni accidentale care periclitează siguranţa izolaţiei. Aceasta are de altfel un factor de impuls subunitar (pînă la 0,4) şi este foarte sensibilă la şocuri de tensiune. Experienţele au arătat că disjunctorul pneumatic fără rezistenţă periclitează într-adevăr izolaţia şi au permis determinarea valorii optime a rezistenţei.

b) Supratensiuni mai apar la declanşarea plecărilor cu bobine de scurtcircuit şi astfel se pierde o parte din efectul de reducere a solicitării întreruptorului. Într-adevăr bobina menţine o tensiune de revenire aproape egală cu cea de regim, iar datorită capacităţii mici a barelor, frecvenţa proprie a circuitului deconectat este foarte mare (sute de kHz). Solicitarea disjunctorului este astfel mai riguroasă, ceea ce s-a exprimat prin norma Č.S.N. 334 200, viteza de creştere a tensiunii de revenire fiind mare, cu toată reducerea curentului de scurtcircuit. Distanţa scurtcircuitului nu modifică esenţial tabloul. Ca măsuri de prevenire a supratensiunii se propune introducerea de rezistenţe în paralel pe bobină sau creşterea capacităţii bobinei (înfăşurare cablată). Cercetarea fenomenului a mai relevat creşterea amortizării tensiunii tranzitorii de restabilire, datorită curentului post-arc, chiar dacă el are intensitate şi durată foarte mică (2 A 2,5—5 μs). Curentul post-arc reduce astfel solicitarea întreruptorului mai ales în domeniul frecvenţelor proprii foarte înalte.

c) Declanşarea bateriilor de condensatoare reprezintă un alt caz de solicitare specială, cercetată în laborator. S-a văzut că este suficient a se constata lipsa reaprinderilor, fără a se măsura efectiv supratensiunea, dacă solicitarea este suficient de mare (putere de scurtcircuit mică a reţelei). Suflarea pneumatică a arcului este foarte eficace de vreme ce nu numai întreruptoare fără rezistenţă suplimentară conectează bateria fără supratensiuni, ci chiar şi separatoarele de sarcină autopneumatice. S-a proiectat o prescripţie pentru efectuarea încercărilor de acest fel cu mare economie de timp.

d) Disjunctoarele de generator au format alt obiect de cercetare. Curenţii foarte mari au determinat ruperea în etape, fiecare din contacte avînd în paralel rezistenţe corespunzătoare. Proiectarea fiind limitată de un termen scurt, soluţiile nu reprezintă un optim din punctul de vedere al indicilor tehnico-economici. Dificultăţi mari au fost învinse la sincronizarea comenzii polilor şi la confecţionarea izolatoarelor relativ mari. La încercarea lor s-a utilizat întreaga capacitate de rupere disponibilă în staţia de la Behovicě.

Două tabele şi 23 figuri ilustrează expunerea.

G. V. Butkevici (U.R.S.S.): **Noi tipuri de întreruptoare de înaltă tensiune cu mare capacitate de rupere în U.R.S.S.**

Datorită varietăţii mari a condiţiilor climatice în care trebuie să funcţioneze aparatajul de înaltă tensiune în diferite regiuni ale U.R.S.S., nu s-a ajuns încă la o decizie în ce

privește preferința pentru anumite clase de întreruptoare (cu ulei mult, cu ulei puțin, cu aer comprimat) dar se așteaptă că în curînd fabricația se va rezuma la două clase.

În seria M.K.P. cu ulei mult prin îmbunătățirea dispozitivelor de stingere puterea de rupere a fost mărită la 5 000 MVA/110kV și 7 000 MVA/220 kV. Se încearcă reducerea volumului de ulei. În sistemul Kuibîșev — Ural s-a instalat un întreruptor de 500 kV din această clasă, încercat cu tensiune relativ joasă de 750 kV la 50 Hz între contactele deschise, pe cînd cele de aer comprimat se încearcă la 1 150 kV.

Din clasa cu ulei puțin se fabrică singurul tip MG-110 de 2 500 MVA, avînd două camere de stingere în serie. S-au încheiat însă încercările unui prototip de concepție nouă VMK de 110 și 220 kV cu puteri de rupere de 4 000 respectiv 7 000 MVA, avînd o singură rupere pe fază.

Lucrările de cercetare și proiectare cele mai numeroase s-au îndreptat spre dezvoltarea unei noi serii de întreruptoare pneumatice. Pentru gama de tensiuni 110, 154, 220 și 400 kV, există în fabricație un tip avînd un separator exterior cu lamă. Acesta nemaiputînd satisface cerințele privind puterea de rupere și viteza de reanclanșare în condițiile create de marile hidrocentrale și marile sisteme, s-a proiectat o serie nouă (tip VVNR) de întreruptoare pneumatice, bazată strict pe principiul elementelor constructive.

În acest nou tip elementul de rupere de 110 kV are o cameră de rupere cu două contacte șuntate de rezistențe și două camere de separare cu contacte șuntate de condensatoare. Puterea de rupere a acestora din urmă este mult acoperitoare pentru a întrerupe curenții ce trec prin rezistențe după deschiderea contactelor de rupere principale. Seria prevăzută a intra în fabricație are gama de tensiune 110, 154, 220, 300 și 500 kV, curentul nominal 2 000 A, puterile de rupere respective de 6 000, 7 500, 10 000,15 000 și 20 000 MVA și timpul de deschidere de 0,04—0,06 s. Greutatea specifică este de 1,5 kg/MVA pentru primele trepte de tensiune și circa 2,5 kg/MVA pentru ultimele două. Înălțimea crește de la 5 000 la 10 600 mm, mai puțin decît proporțional cu puterea de rupere. Se dă schița seriei și unele fotografii ale prototipurilor.

Avantajele acestei serii asupra celei precedente sînt: circuit de comandă mai simplu, manevrare independentă de condițiile atmosferice (separatoare interioare), contacte de separare cu o putere de rupere suficientă spre a putea introduce rezistențe de șuntare de diferite valori, operații RAR simple, elemente constructive identice cu excepția bazelor (formate din rezervoarele cu aer comprimat). Pînă la tensiunea de 330 kV rezistențele sînt dimensionate spre a reduce supratensiunile ce apar la întreruperea transformatoarelor în gol. La 550 kV rezistențele sînt mult mai mici spre a întîmpina condițiile de întrerupere individuală a fazelor unei linii mari după lămurirea unei puneri la pămînt.

În prezent se lucrează la o nouă serie de întreruptoare pneumatice cu puteri de rupere și mai mari, anume: 10 000, 20 000, 25 000, 30 000 MVA, spre a întîmpina condițiile create de hipercentrale.

În gama tensiunilor medii s-au construit întreruptoare de generator de tip W pneumatice cu datele 15 kV 6kA$_n$, 2 000 MVA, 250 kA , 105 kA (5s) și se încearcă ridicarea puterii de rupere la 4 000 MVA. Un tip mai ușor de 0,8 kA 500 MVA se prevede pentru plecările de pe barele morilor centrale.

S-a construit un întreruptor de protecție special pentru o mare stație de încercare la puterea de rupere. Suflajul pneumatic este axial, rezistența de șuntare mică. Contacte auxiliare întrerup aceste rezistențe. Datele sînt 12 kV$_n$, 125 kAr 330 A$_n$, 125 kA (1s) 0,09 s. Manevrarea polilor se poate face individual.

M. B. Fernier (Franța): **Întreruperea curenților foarte intenși prin disjunctoare pneumatice și disjunctoare cu ulei puțin,** 8 p., 17 fig.

Autorul expune experiența unui constructor de întreruptoare (Delle) care a dezvoltat și fabricat în paralel disjunctoare pneumatice și cu ulei puțin pînă la cele mai înalte tensiuni (420 kV).

Noile camere de stingere cu ulei puțin din araldit sticlos permit întreruperea unui curent de 60 kA la o viteză de restabilire de 1,5 kV/μs a tensiunii în 1,4—1,7 ms. Limita este dată de rezistența mecanică a camerei. La creșterea tensiunii, cursa și tensiunea arcului se măresc aproape proporțional și cum frecvența proprie a rețelei scade, viteza de restabilire crește mai încet decît direct proporțional. Curentul limită de rupere descrește aproximativ invers proporțional cu puterea a patra a tensiunii. O cameră de 245 kV permite a rupe 20 kA deci 8 000 MVA, două camere în serie realizează disjunctorul de 420 kV. Încercările la puterea de rupere se fac separat pentru curent și tensiune, puterea disponibilă în stație fiind insuficientă.

Camerele de stingere pneumatice de medie tensiune au trei rezistențe în paralel, din care două de valoare ohmică redusă pentru reducerea vitezei de creștere a tensiunii de restabilire și una de valoare mare pentru reducerea supratensiunilor la întreruperea curenților mici inductivi (transformatoare în gol). Camera cu două contacte tubulare și cu suflaj în atmosferă întrerupe monofazat 100 kA la 10 kV în 10 ms, deci peste 2 000 MVA la încercare directă și 2 850 MVA la încercare indirectă. Pentru tensiuni înalte se leagă un număr de camere în serie. Disjunctorul de 525 kV destinat liniei Kuibîșev — Moscova are opt camere principale în serie. Repartizarea tensiunii se uniformizează cu rezistențe de valoare redusă în paralel. Sub o presiune de 14 at o cameră a întrerupt 32,5 kA monofazat la 55 kV cu o viteză de restabilire de 0,8 kV/μs, ceea ce corespunde la 29 000 MVA sub 510 kV pentru opt camere. Această putere permite întreruperea unor scurtcircuite la borne. Camera a întrerupt monofazat 12,5 kA la 97 kV și 2,5 kV/μs în opoziție de fază și cu trei camere în serie (245 kV) 200 A fără reamorsare (corespunzînd unei linii în gol de 470 km sub 220 kV). Supratensiunea rotativă nu întrece 2,1 la întreruperea în gol a transformatoarelor.

Performanțele se pot mări dacă deschiderea se sincronizează cu trecerea prin zero a curentului, totuși aceasta cere nu numai un dispozitiv de sincronizare separat, dar și o construcție mult mai îngrijită a părții mecanice.

Din comparația celor două feluri de disjunctoare rezultă că performanțele pe unitatea de greutate sînt analoge. La ambele, puterea de rupere limită s-a dublat în zece ani. În prezent, pentru ambele feluri s-a atins 1 kg/MVA.

Disjunctorul cu ulei puțin este categoric mai simplu și nu face zgomot. O singură cameră rezistă la o tensiune de restabilire de 300 kV, deci la 245 kV nominal, puterea de rupere fiind de 8 000 MVA. Două camere sînt suficiente pentru întreruptorul de 420 kV 12 000 MVA. Disjunctorul cu aer comprimat necesită înserierea de camere peste 100 kV.

La întreruperea liniilor de peste 100 kV în gol, disjunctoarele pneumatice nu produc supratensiuni, cele cu ulei puțin, de 2,5 ori tensiunea nominală. În schimb, la întreruperea sarcinilor mici inductive camerele pneumatice fără rezistențe în paralel produc supratensiuni, cele cu ulei puțin nu. Șuntarea este deci necesară la cele pneumatice și poate lipsi la cele cu ulei puțin.

În concluzie, pentru curenți de rupere sub 60 kA la tensiuni medii și 20 kA la tensiuni foarte mari, disjunctorul cu ulei puțin este de preferat, fiind mai simplu și mai ieftin. Peste aceste valori cel cu aer comprimat este mai indicat. Se așteaptă o creștere a performanțelor la ambele feluri de întreruptoare.

F. O. Mason (Anglia): **Întreruptoare cu aer comprimat. Cîteva observații privind cercetarea întreruptoarelor și importanța perioadei de trecere prin zero a curentului,** 5 p.

Autorul face un scurt istoric al cercetărilor întreprinse de organizația E.R.A. în Anglia. De la încercări empirice ale reacțiilor dintre arc și mediul în care acesta se producea s-a ajuns în decursul anilor la dezvoltarea unor metode de măsură mai precise și la strîngerea unor cunoștințe fundamentale privind parametrii care joacă un rol în stingerea arcului. Astfel, suflajul pneumatic axial introdus cu această ocazie s-a dovedit a fi nu numai eficace, dar în același timp atît de simplu din punct de vedere fenomenologic, încît să dea posibilitatea de a fi urmărit prin calcul. După ce s-a observat că puterea de rupere a unui disjunctor nu depinde numai de construcția lui și de felul cu meste stins arcul, ci și de anumite proprietăți ale rețelei în care funcționează, oscilograful catodic perfecționat între timp a permis înregistrarea fenomenelor oscilatorii tranzitorii ce apar în cursul întreruperii arcului.

Ca urmare, s-au dezvoltat dispozitive şi complexe de laborator care să reproducă cît mai fidel aceste fenomene. Între acestea se numără şi injecţia unei tensiuni oscilatorii tranzitorii după trecerea prin zero a curentului.

Dezvoltarea dispozitivelor electronice în timpul războiului a dat un nou impuls pentru perfecţionarea metodelor şi montajelor de încercare şi măsurare. Astfel s-a descoperit şi s-a studiat curentul port-arc, a cărui influenţă asupra stingerii s-a lămurit abia în ultimul timp. Dispozitivele de înregistrare a curentului port-arc au părut simple la început; în cursul lucrărilor de cercetare s-a constatat însă că ele necesită precauţii deosebite pentru eliminarea influenţelor parazite care se induceau prin conexiuni şi o grijă excepţională în construcţia amplificatoarelor electronice de curent continuu (deplasarea zeroului şi stabilitatea). Remediul s-a găsit în dispunerea judicioasă a conductelor de curent şi tensiune, cît şi în utilizarea transistorilor în construcţia amplificatorului. S-a constatat că acest amplificator trebuie plasat în imediata apropiere a întreruptorului. Pentru a reproduce panta foarte mare a curenţilor de scurtcircuit la trecerea prin zero se utilizează cu folos o baterie de condensatoare care debitează un curent redus la frecvenţa de 500 Hz, avînd aceeaşi pantă. Rezistenţele de şuntare puteau să fie mai mari în aceste condiţii, ceea ce reducea influenţa dispozitivului de măsură asupra fenomenelor. Astfel s-a reuşit să se măsoare rezistenţe ale spaţiului de arc pînă la un sfert de milion de ohmi. Dispozitivul de măsură existent poate detecta un curent port-arc de 10 mA într-un circuit cu un curent echivalent de cîteva mii de amperi la 50 Hz.

Cercetările au relevat influenţele construcţiei ajutajului, ale presiunii şi ale caracteristicilor circuitului asupra mărimii şi duratei curentului port-arc. A rezultat că rigiditatea spaţiului de arc şi panta tensiunii tranzitorii de restabilire nu reprezintă criteriile cele mai potrivite pentru caracterizarea severităţii întreruperii, ci că mai degrabă impedanţa circuitului ar putea să constituie un criteriu mai adecvat în această materie. Impedanţa circuitului înainte de trecerea prin zero joacă un rol chiar în absenţa curentului port-arc asupra conductibilităţii şi rigidităţii spaţiului de arc după trecerea prin zero.

Investigaţiile continuă, totuşi rezultatele obţinute pînă în prezent arată că modificarea frecvenţei proprii prin schimbarea parametrilor circuitului este legată de un efect corespunzător în perioada pre-zero, care acţionează în acelaşi sens. Acest fapt trebuie luat în considerare la judecarea circuitelor de încercare sintetice. Cercetările prezintă dificultăţi din cauză că stabilirea unor influenţe şi corelaţii cere posibilităţi largi de variaţie a parametrului considerat în domeniul limită în care aceste variaţii au un real efect. Numărul observaţiilor trebuie să fie suficient de mare spre a se putea formula concluzii de valabilitate generale. Se prevăd de aceea numeroase cercetări în domeniul măsurării curenţilor şi tensiunilor în scurta perioadă de trecere prin zero a curentului întrerupt.

O. Artbauer (R.C.S.): **Solicitarea termică admisibilă a întreruptoarelor în timpul scurtcircuitului,** 12 p., 5 fig., 3 ref.

După ce constată că timpul în care la o temperatură constantă se produce o scădere procentuală dată (5%) a rezistenţei mecanice a cuprului tras la rece se exprimă printr-o funcţie exponenţială similară cu cea care dă durata de viaţă a izolanţilor la solicitări termice, autorul calculează solicitarea termică pe timpul cît durează scurtcircuitul, presupunînd o creştere liniară a temperaturii în timp; apoi stabileşte temperatura echivalentă constantă care provoacă o solicitare egală cu cea variabilă în timp. Calculele şi diagramele prezentate arată că temperatura echivalentă se poate considera 80% din temperatura maximă, aproape independent de temperatura iniţială. La fel, pentru perioada de răcire, temperatura echivalentă este 70% din temperatura maximă atinsă care se aplică pe o durată de 4,6 constante de timp ale răcirii conductorului respectiv. Din exemplele calculate reiese că perioada şi maniera de răcire sînt mai importante decît cele de încălzire, iar durata scurtcircuitului are o mai mică influenţă decît condiţiile de răcire. Parametrul cel mai important al solicitării este deci constanta de timp a răcirii şi asupra ei trebuie să se acţioneze în vederea îmbunătăţirii stabilităţii termice.

Pentru confirmarea acestor consideraţii s-au întreprins experienţe asupra încălzirii unor bare de cupru răcite diferit. Duritatea Brinell s-a măsurat în fiecare fază de încălzire, rezultînd curbe ale durităţii în funcţie de solicitare (timp). S-a obţinut o concordanţă bună cu calculele efectuate. Rezultă că nu numai temperatura maximă atinsă, dar şi durata ei au o influenţă asupra calcinării conductorului, mai ales în cursul răcirii. Diferenţe locale de temperatură datorite efectului pelicular sau al contactelor sau găurilor pentru buloane etc. se egalizează repede, dată fiind buna conductivitate termică a cuprului, astfel că ele nu sînt de luat în considerare. În concluzie, se propune a se evalua solicitarea după timpul cît poate rezista materialul la o temperatură dată (de exemplu 200°C) fără a pierde decît un procent dat din rezistenţa mecanică. Astfel se poate evalua şi numărul de scurtcircuite la care materialul poate rezista în aceste condiţii într-un anumit punct al reţelei.

N. M. Cernîşev (U.R.S.S.): **Circuite echivalente pentru încercarea întreruptoarelor în condiţiile deconectării liniilor în gol.**

Autorul îşi propune elucidarea condiţiilor în care trebuie să se desfăşoare încercarea corectă a întreruptoarelor la conectarea şi deconectarea liniilor în gol. În acest scop, încercarea în circuite speciale care substituie linia este utilă şi necesară dacă nu sînt disponibile linii de suficientă lungime sau surse de suficientă putere. Circuitul poate fi monofazat, rezultatele măsurătorilor putînd fi uşor adaptate la circuitele trifazate.

Funcţionarea întreruptorului depinde de valoarea şi forma curentului capacitiv, de valoarea şi forma tensiunii de restabilire după stingerea arcului şi de condiţiile de stingere a curentului de descărcare tranzitoriu. Acestea din urmă fiind nesinusoidale, nu se pot reproduce de circuite oscilante simple, ci numai aproximativ de un lanţ de cuadripoli în π sau în Γ.

Verificarea trebuie să se facă în condiţii diferite, după cum întreruptorul deconectează cu sau fără reaprinderea arcului. Dacă arcul în întreruptor nu se reaprinde, este suficient a se reproduce linia printr-un singur element oscilant în π sau Γ (la linii scurte cu o baterie de condensatoare). Dacă apar însă reaprinderi în întreruptor, este important a se constata dacă arcul este stins la prima trecere prin zero a curentului capacitiv sau nu. Într-adevăr, dacă întreruptorul stinge arcul numai după cîteva perioade ale curentului capacitiv, fenomenele tranzitorii de propagare (undele) fiind deja amortizate nu au o influenţă asupra procesului de stingere şi din nou încercarea nu trebuie să se facă modelînd perfect linia.

Dimpotrivă, în cazul stingerii intensive a arcului, orice reaprindere trebuie studiată incluzînd fenomenele de propagare pe linie. Pentru acest caz se dau relaţiile teoretice ale tensiunii şi curentului tranzitoriu, după ce linia a fost întreruptă şi se consideră o reaprindere în momentul opoziţiei de tensiune. Se calculează şi se reprezintă în diagrame repartizarea tensiunii şi curentului în funcţie de lungimea şi variaţia tensiunii la întreruptor, din care se poate constata curba supratensiunii datorită reflexiei.

Spre a determina numărul minim de elemente ale lanţului substitutiv, se studiază impedanţa de intrare şi caracteristica de frecvenţă a lanţului din K elemente, aplicînd transformaţia Laplace şi se calculează raportul curenţilor I_k/I_1 şi al tensiunilor U_k/U_1 la aplicarea treptei unitare a tensiunii. Se constată din calcule şi din diagrame că valorile relative ale tensiunii de înaltă frecvenţă sînt mai mari decît cele ale curentului corespunzător. În consecinţă se alege un număr diferit de elemente în lanţ pentru reproducerea corectă a tensiunii şi a curentului tranzitoriu. Se propune a se lua în considerare numărul de elemente care rezultă din reproducerea corectă a curentului, ceea ce este suficient, aşa cum demonstrează şi oscilogramele înregistrate. Dat fiind că este costisitor a se construi în staţiile de încercare lanţuri de cuadripoli substitutive ale liniilor care să aibă o aplicaţie generală (pentru orice linie), autorul propune ca staţia de încercare să fie legată la un nou sistem energetic, putînd să înregistreze comportarea întreruptoarelor pe linii în gol alimentate de centralele existente în condiţii cît mai apropiate de solicitările în reţea.

V. V. Kaplan, V. M. Naşatîr (U.R.S.S): **Metoda sintetică cu două frecvenţe pentru încercarea la putere de rupere a disjunctoarelor de înaltă tensiune,** 17 p., 9 fig.

În laboratorul Gorev de tehnica înaltelor tensiuni al Institutului Politehnic din Leningrad s-au studiat şi pus la punct încă din anul 1947 circuite oscilante pentru încercarea sintetică la putere de rupere a întreruptoarelor în condiţii cît mai apropiate de cele de scurtcircuite în reţea. Instalaţiile de încercare respective s-au realizat de către industrie, ceea ce a permis verificarea puterii de închidere pînă la 3 000 MVA şi a puterii de rupere pînă la 4 000 MVA.

Se descrie întîi schema sintetică pentru încercarea puterii de rupere, cu două frecvenţe generate în două circuite oscilante LC, unul de tensiune redusă, curent mare, frecvenţă industrială, al doilea (la început scurtcircuitat cu un întreruptor auxiliar) cu tensiune mare, curenţi mici şi frecvenţa de 200—300 Hz. Circuitele se pot înlocui cu generatoare rotative. Circuitele se acordă astfel încît pantele de descreştere spre zero a curentului să fie egale. Printr-un circuit de întîrziere, curentul de înaltă frecvenţă este defazat spre a avea cu 300—600 μs înainte de trecerea prin zero o valoare egală cu cea a curentului de frecvenţă industrială. În momentul trecerii prin zero a curentului, arcul se stinge nu numai în întreruptorul de încercat, dar şi în cel auxiliar legat în serie cu el şi astfel tensiunea înaltă se aplică automat la bornele întreruptorului de încercat, reproducînd ca valoare şi formă tensiunea de restabilire tranzitorie a reţelei.

Pentru a putea încerca întreruptoare care sting arcul în cîteva semiperioade, se mai adaugă două blocuri la schemă, unul de alimentare care elimină amortizarea curentului de deschidere, şi unul de amorsare şi prelungire artificială a arcului în întreruptor.

În schema pentru încercarea la putere de închidere, tensiunea înaltă se aplică înainte de închiderea contactelor şi la amorsarea unui arc prin el trebuie să curgă curentul de scurtcircuit. Schema este similară, avînd tot două circuite oscilante din care unul scurtcircuitabil cu un întreruptor auxiliar. Acesta se închide sincron în momentul trecerii prin zero a curentului, ceea ce face să treacă din acel moment curentul bateriei de condensatoare de 50 Hz prin întreruptor. Panta curentului de frecvenţă ridicată şi cea a curentului de scurtcircuit se fac egale.

Prin combinarea celor două scheme s-a reuşit chiar a se realiza un ciclu de reanclanşare simplă (O—t—CO) cu observaţia că prima rupere O se face numai cu tensiunea sursei de 50 Hz, iar curentul de scurtcircuit nu curge în timpul pauzei t. Restul operaţiilor făcîndu-se în condiţii de echivalenţe cu cele reale din reţea, se susţine că solicitarea din punctul de vedere al puterii de rupere este echivalentă. Se descriu în detaliu elementele şi funcţionarea schemei, care este mult mai complicată decît cele anterioare. Se arată şi se discută numeroase oscilograme, unele reprezentînd încercări în reţea, din care se poate conclude asupra echivalenţei încercărilor sintetice. Cu instalaţiile de încercare respective s-au încercat numeroase prototipuri de disjunctoare pneumatice (VV—110) şi cu ulei puţin (MG—110), putîndu-se stabili puterea de rupere în condiţii variate, care corespund solicitărilor reale.

Prof. Dr. ing. **A. Avramescu**

Documentare

621.313 *Maşini electrice*

CZ 621.313.333.018.4

Probleme referitoare la sincronizarea motoarelor asincrone, [După Gheiler L. B.: Vestn. elektroprom, **29**(1958) 12, 19—21, 2 fig. 1 tab,, 2 ref bibl.]

Schema D.A.G. de sincronizare a motoarelor asincrone folosind pentru excitaţie redresoare uscate cu relee pentru conectarea şi deconectarea automată a redresorului, în funcţie de condiţiile de intrare sau ieşire din sincronism, este din nou pusă în discuţie în comparaţie cu metodele uzuale de îmbunătăţire a factorului de putere, ca folosirea motorului sincron sau a abaterilor condensatoarelor.

Se analizează apoi avantajele şi dezavantajele celor două posibilităţi de conexiune a fazelor motorului la trecerea de la regim asincron la regim sincron şi anume: fie două faze în paralel, în serie cu o a treia, fie două faze în serie, a treia rămînînd nefolosită. În general prima posibilitate este mai avantajoasă, totuşi există cazuri, în special la sistemul D.A.G. menţionat, cînd a doua variantă este de preferat.

A. C.

CZ 621.313.223.047.2

Comutaţia motoarelor de curent continuu mari. [După J. Hindmarsh: Electr. Times **134** (1958) I. 3496,693—698; II 3498, 831—835.]

Lucrarea face parte dintr-o serie de articole asupra folosirii curentului continuu. Prima parte se ocupă de limitarea puterii utile maxime a motoarelor de curent continuu, impusă de dificultăţile de comutaţie, mai ales de efectul reacţiei. Ea cuprinde un studiu al efectelor vitezei şi sarcinii asupra preciziei compensării reacţiei, precum şi o metodă pentru determinarea tensiunilor în înfăşurarea unui motor în momentul comutaţiei. Această metodă ţine seama de transferul de putere dintr-un circuit în altul prin acţiunea de transformator, precum şi de transformarea energiei electrice în energie mecanică şi reciproc. Reducerea fluxului de dispersie pe unitatea de curent şi de ancoşă (permeanţa specifică a ancoşei) constituie o metodă posibilă pentru extinderea limitelor de putere ale performanţelor maşinilor impuse de dificultăţile de comutaţie. Această reducere poate fi obţinută prevăzînd-se circuite de amortizare cuplate electromagnetic cu înfăşurările rotorului. Articolul dezvoltă partea teoretică a acestui procedeu, folosind sistemul de ecuaţii energetice stabilit în prima parte pentru determinarea pierderilor adiţionale produse.

A.S.

CZ 621.313.2:621.316.722.86.

Autoreglajul generatoarelor locomotivelor Diesel cu ajutorul amplificatoarelor magnetice. [După O. A. Nekrasov şi A. I. Sihin: Elektricestvo **79** (1959)5. 31—35, 6 fig., 3 ref. bibl.]

Numeroase cercetări au dovedit că cel mai raţional sistem de reglare a generatorului locomotivelor Diesel electrice este o combinaţie între autoreglarea generatoarelor pentru putere constantă la axul motorului primar şi reglajul suplimentar al puterii pe principiul reglajului în circuit închis. În asemenea sisteme rolul principal pentru reglarea generatorului la putere constantă îl joacă autoreglajul, iar reglajul automat al puterii nu face altceva decît să corecteze acest reglaj cu scopul asigurării unei cît mai bune utilizări a puterii motorului primar; cu cît acest autoreglaj se efectuează mai exact, cu atît se pun mai bine în evidenţă avantajele combinaţiei autoreglajului cu reglajul automat al puterii. Importanţa autoreglajului creşte cu puterea locomotivei, din cauză că creşterea puterii înrăutăţeşte condiţiile stabilităţii reglajului automat de putere.

Prin aceasta coeficientul de amplificare al sistemului se reduce şi devin necesare măsuri speciale pentru evitarea oscilaţiilor în sistem.

Procedeul excitării generatorului locomotivei de la o excitatoare de curent continuu cu poli despicaţi dă caracteristici de autoreglare ale căror abateri sînt condiţionate de factorii următori:

1) Rezistenţele înfăşurărilor şi parametrii restului utilajului. Aceşti factori pot fi înlăturaţi în mare măsură prin punerea la punct a valorii parametrilor pe fiecare locomotivă în parte;

2) Oscilaţiile de temperatură şi fenomenul de histerezis. Abaterile de caracteristică datorite acestor factori nu sînt înlăturabile şi au valori destul de mari.

Metoda excitaţiei de la un generator sincron este expusă aceloraşi grupe de factori, cu deosebirea că la această metodă a doua grupă de factori este mult redusă în special din cauza rolului preponderent al reactanţelor.

Din această cauză folosirea generatorului sincron şi amplificatoarelor magnetice permite îmbunătăţirea coeficientului de amplificare şi reducerea puterii sistemului de reglare automată a puterii, deci îmbunătăţirea calităţii reglajului automat al generatorului cu folosirea totală a puterii motorului primar.

În articol se studiază relaţiile diverselor caracteristici de funcţionare ale sistemului de reglaj, căutîndu-se combinaţia care satisface cel mai bine cerinţele schemei. Relaţiile deduse sînt valabile şi pentru alte feluri de acţionări pe principiul generator-motor de curent continuu.

S.S.

621.314.2 *Transformatoare*

CZ 621.314.212.027.6.001.3

Noua serie de transformatoare de forţă cu ulei pentru puteri pînă la 560 kVA şi tensiuni de 35 kV. [După G. S. Akopian: Vestnic Elektroprom. **30** (1959) 4, 4—6, 3 fig.]

Se prezintă noua serie de transformatoare (T) cu următoarea scară de puteri: 60; 100; 180; 320 şi 560 kVA pentru tensiunile nominale: I.T. — 31,5 şi 35 kV şi J.T. — 0,23; 0,525; 3,15; 6,3 şi 10 kV.

Faţă de vechea serie de (T), pierderile specifice sînt reduse cu 20%; greutăţile specifice sînt micşorate cu 20—25% şi în aceeaşi măsură sînt reduse şi gabaritele exterioare.

În scopul măririi duratei de viaţă a (T), supratemperaturile straturilor superioare de ulei şi ale bobinajelor au fost micşorate la 55 şi 60°C. Sistemele magnetice ale noii serii de (T) au fost executate din tole laminate la rece, fapt care a permis ridicarea inducţiei magnetice în coloane pînă la 16 700 G şi reducerea pierderilor în (T) cu 20% păstrînd greutăţile materialelor active la nivelul transformatoarelor cu tole laminate la cald.

Curbele acestei serii au fost realizate cu ţevi ovale, permiţînd micşorarea greutăţii lor specifice.

Prototipurile seriei au fost încercate la încălzire şi la rigiditatea izolaţiei. Rezultatele încercărilor au arătat că parametrii prototipurilor (P) corespund condiţiilor tehnice şi, în consecinţă, se trece la realizarea seriilor de fabricaţie.

A. B.

CZ 621.314.2.017

Analiza termică a ciclurilor de sarcină la transformatoare. [După S. Bennon: Trans. Amer. Inst. electr. Engr. **77** (1958) 35, 21—25, 3 fig., 2 tab., 4 ap., 3 ref.]

Se deduc formule pentru calculul încălzirii transformatoarelor, avînd cicluri de sarcină repetate, cu trepte de sarcină constantă. Se calculează cu încălzirile uleiului, deoarece la sarcini constante şi circulaţie normală de ulei, supratemperatura conductorului se reglează în cîteva minute cu supratemperatura uleiului.

Metoda obişnuită pleacă de la o temperatură iniţială aleasă arbitrar şi calculează, cu ajutorul formulei exponenţiale cunoscute, creşterea temperaturii la sfîrşitul primului interval de sarcină. Această temperatură se consideră iniţială pentru al doilea interval ş.a.m.d. După ultimul interval trebuie să se obţină temperatura iniţială dacă ciclul are un regim stabil. În cazul unor diferenţe, se corectează temperatura iniţială şi calculul se repetă, pînă cînd concordă satisfăcător. O simplificare se obţine prin aplicarea unei metode grafice (cu hîrtie logaritmică). În lucrare se deduce o metodă nouă, care permite obţinerea directă a temperaturii la capetele intervalelor, valabilă exact pentru transformatoare cu răcire forţată, dar care se poate aplica în primă aproximaţie şi la transformatoare cu autorăcire sau răcire cu ventilatoare.

În deducerea metodei, autorul pleacă de la ecuaţia diferenţială a încălzirii uleiului a cărei integrală se simplifică din cauza unei singure constante de timp. Pe ultima treaptă temperatura trebuind să atingă temperatura iniţială, rezultă o formulă de recurenţă relativ simplă. Pentru cazul cînd creşterea temperaturii uleiului nu este proporţională cu pierderile în transformator (autorăcire), se deduce o altă formulă care ţine seama de faptul că în fiecare interval există o altă constantă de timp. Se mai deduce cîte o formulă simplă pentru încălzirea medie în ambele cazuri. Se dau exemple de aplicare a metodei noi, arătîndu-se că este favorabil a considera sarcina maximă la început. Valorile maximă şi minimă a temperaturii sînt incluse între valorile temperaturilor la sfîrşitul intervalelor. Tocmai acest fapt elimină nevoia de a calcula încălzirea după mai multe cicluri succesive.

Cu toate că formulele s-au dedus pentru transformatoare, ele se pot aplica şi altor aparate cufundate în ulei şi răcite corespunzător.

A.A.

CZ 621.313·33:621.314

Legături cu selsinuri transformatorice. [După J. Owczarek: Wiadom. Elektrotechn., **18** (1958) 3, 57—58.]

Legătura de selsin transformatoric este un dispozitiv care permite determinarea unghiului de deviere a axului transmiţătorului prin citirea tensiunii obţinute pe bornele selsinului transformatoric receptor. Valoarea acestei tensiuni este o funcţie a unghiului de deviere a axului transmiţătorului. În combinaţie cu un motor auxiliar legătura cu selsin transformatoric poate să constituie un sistem de urmărire, care se deosebeşte de sistemul obişnuit de transmisie-recepţie prin capacitatea sa de a transmite rotiri la momente de rezistenţă relativ mari. Rotorul selsinului transformatoric nu urmăreşte singur rotirea rotorului de la selsinul transmiţător. În cazul însă cînd tensiunea de ieşire a selsinului transformatoric este folosită pentru comanda motorului auxiliar cuplat mecanic cu axul selsinului transformatoric într-un mod care permite rotirea acestui motor pînă într-o poziţie în care tensiunea de comandă va fi egală cu zero, se realizează un sistem de urmărire care poate învinge momente de rezistenţă, cu valori pendinte de puterea motorului auxiliar.

La fel ca şi la sistemele de transmisie-recepţie în scopul măririi preciziei comenzilor se pot aplica legături transformatorice cu două căi, la care o cale este prevăzută pentru reglajul grosier, iar cea de-a doua pentru reglajul fin, comutat automat, după ce treapta de reglaj grosier a adus tensiunea de reglaj la o anumită valoare relativ redusă.

Instalaţiile transformatorice se folosesc în special în acele cazuri în care prin aplicarea unor forţe mici la transmiţător urmează să se regleze cu mare precizie şi la distanţă dispozitive ce necesită forţe mai mari de comandă.

K.W.

CZ 621.314.222.3:621.319.4

Transformator de tensiune capacitiv de tipul NDE-400. [După A. M. Dimkov şi S. Fingherit: Vestnic Electroprom. **30** (1959) 9, 13—16, 3 fig.]

Transformatorul de tensiune capacitiv pentru tensiunea de 400 kV se compune dintr-un divizor de tensiune capacitiv şi instalaţia de transformare. Divizorul de tensiune este realizat prin înscrierea a trei condensatoare de cuplaj cu tensiunea 133 $\sqrt{3}$ kV şi capacitatea 0,0186 μF, cu un condensator special, proiectat pentru 15 kV şi 0,107 μF. Condensatoarele de cuplaj servesc în acelaşi timp şi la instalaţiile de comunicaţii de înaltă frecvenţă, aceasta fiind un factor determinant al economicităţii transformatoarelor de tensiune capacitive.

Instalaţia de transformare se compune dintr-un transformator monofazat cu trei bobinaje şi un reactor monofazat, conectat în serie cu bobinajul primar al transformatorului. Rolul reactorului este de a compensa capacitatea însumată a condensatoarelor de cuplaj şi a condensatorului special pentru menţinerea pe cît posibil constantă a valorii tensiunii aplicate bobinajului primar al transformatorului. Reactanţa inductivă a reactorului 26 360 Ω, căderea de tensiune la borne 624 V, iar curentul de linie 0,0237 A. Reactanţa capacitivă a divizorului de tensiune capacitiv 28 200 Ω; tensiunea aplicată condensatorului absorbant de putere, 13 kV.

Transformatorul propriu-zis are următoarele căderi de tensiune: activă $U_a = 0{,}161\%$ şi reactivă $U_r = 0{,}344\%$. Sistemul magnetic al transformatorului de tip blindat este

realizat din tole izolate cu lac. Bobinajele sînt de tip stratificat. Bobinajul de înaltă tensiune are prize permiţînd variaţia tensiunii de la +4,92 la −5,74 % din tensiunea nominală.

Sistemul magnetic al reactorului este realizat din tole de tipul E 42 cu grosimi de 0,5 mm. Bobinajul reactorului este tot în straturi.

Izolaţiile bornelor bobinajului de înaltă tensiune al transformatorului şi ale bobinajului reactorului au fost încercate inductiv (din partea de joasă tensiune) la tensiunea 55 kV, sub frecvenţa de 100 Hz, timp de 1 minut, iar izolaţia bobinajelor secundare (de joasă tensiune) au fost încercate la tensiunea 2 kV, 50 Hz, timp de 1 minut.

A. B.

621.315.6 *Materiale izolante*

CZ 621.315.62.002.2(47)

Experienţa organizării producţiei de izolatoare la uzina Iarvakandi. [După L. I. Buneev, Z. S. Gorşkov, G. L. Matveev, N. E. Harison, R. E. Etverk. Steklo i keramika nr. 9/1959, 16—20.]

În planul septenal de dezvoltare a economiei naţionale a Uniunii Sovietice se prevede o creştere considerabilă a construcţiei de staţii electrice şi de linii electrice de transport. Pentru aceasta sînt necesare cantităţi însemnate de izolatoare electrice. Pînă în prezent s-au fabricat izolatoare din porţelan, însă tehnologia fabricaţiei izolatoarelor din porţelan se pretează mai greu la mecanizare şi automatizare şi de aceea preţul lor de cost este mai ridicat.

În ultimii ani Institutul de Sticlă a elaborat o compoziţie de sticlă slab alcalină 13 v, cu următoarea compoziţie procentuală:

$$63{,}5\,\%\ SiO_2;\ 15{,}5\,\%\ Al_2O_3;\ 13{,}0\,\%\ CaO;$$

$$4{,}0\,\%\ MgO;\ 2{,}0\,\%\ F';\ 2{,}0\,\%\ Na_2O.$$

Această sticlă se apropie de eutecticul sistemului cuaternar $SiO_2—CaO—MgO—Al_2O_3$ şi se caracterizează prin următoarele proprietăţi: coeficientul de dilatare liniară: $50 \cdot 10^{-7}$; temperatura de topire: 1 480°C; temperatura de prelucrare: 1 300 — 1 350°C; temperatura de înmuiere: 700°C; temperatura limitei superioare de cristalizare: 1 250°C; rezistenţa specifică superficială la umiditatea de 65 %: $4 \cdot 10^{14}$ ohmi; rezistenţa specifică de volum la temperatura de 20°C: $4{,}45 \cdot 10^{14}$ ohmi × cm.

La începutul anului 1959 s-a organizat la uzina Iarvakandi din Republica Sovietică Estonă producţia de izolatoare de tip TS—2 şi ŞS—10 din sticla slab alcalină 13 v.

Compoziţia amestecului pentru 100 kg masă de sticlă: 6,6 kg fluorosilicat de sodiu, 44,85 kg argilă, 14,17 kg dolomită, 14, 37 kg calcar, 38, 22 kg nisip.

S-a folosit un cuptor vană cu flacără în formă de potcoavă. Pereţii bazinului de topit au fost ziditi din şamotă, rîndul superior din şamotă mai mult mulitizată. Autorii observă că ar fi fost raţional să se facă pereţii bazinului din cuarţ.

Ca să se împiedice trecerea pojghiţei netopite de SiO_2 care se formează la topirea sticlei slab alcaline 13 v, au fost montate distribuitoare, care garantează admisia masei de sticlă completamente curată la prelucrare.

Presarea izolatoarelor se face la prese manuale cu arcuri.

Recoacerea izolatoarelor are loc în cuptor continuu cu plasă de tip OP—36 şi durează 9 ore.

Perioada însuşirii fabricaţiei izolatoarelor electrice din sticla slab alcalină 13 v la uzina Iarvakandi a durat în total o lună şi jumătate. În prezent fabrica realizează o producţie de serie a izolatoarelor TS—3 şi ŞS—10. În scurt timp se va trece la mecanizarea acestei producţii.

E. C.

CZ 621.315.626.1:621.316.57:621-3.017

Instalaţie automată pentru uscarea izolatoarelor de tip condensator a întreruptoarelor de înaltă tensiune. [După P. B. Iranii şi G.F. Rusakov: Vestnik Electroprom. **30** (1959) 9, p. 30—33, f. 3.]

Uscarea obişnuită a materialelor electroizolante stratificate se face în cuptoare încălzite electric sau cu abur la temperaturi pînă la 100—120°C. Neajunsurile acestei metode constau în: a) durata mare a procesului de uscare (1—3 zile); b) imposibilitatea realizării unei linii continue tehnologice şi în fine c) neegalizarea temperaturilor în interiorul materialelor de uscat din cauza conductibilităţii lor calorice scăzute.

Pentru înlocuirea acestui sistem, se propune folosirea unei instalaţii automate de uscare, bazată pe principiul încălzirii prin contact. Uscarea izolatoarelor de tip condensator se efectuează prin încălzirea simultană în interior şi în exterior. Încălzirea interioară se realizează prin curenţii care trec prin tuburile de alamă montate în interiorul izolatoarelor. Pentru asigurarea încălzirii exterioare, izolatoarele sînt acoperite cu cilindri metalici care sînt încălziţi prin curenţii turbionari creaţi de către fluxul magnetic al curenţilor care trec prin tubul de alamă din interior. Această uscare se efectuează la temperatura de 160—170°C şi nu durează mai mult de o oră. Instalaţia este executată pentru uscarea simultană a 8 izolatoare.

În timpul uscării, temperatura instalaţiei de încălzire se reglează automat. În caz de defectare a termoregulatorului de regim şi în ipoteza creşterii temperaturii peste limita maximă (180°C), intră în funcţiune termoregulatorul de avarii, reconectînd instalaţia de încălzire. Tensiunea de lucru a instalaţiei este de 12 V, asigurînd astfel securitatea muncii. Randamentul acestei instalaţii este ridicat, respectiv 30 % şi exploatarea instalaţiei descrise durează de mai bine de un an, observîndu-se rezultate bune.

A. B.

CZ 621.315.614.4

Plasticul din lemn-stratificat, material electroizolant economic. [După V. S. Marcev: Vest. Elektroprom. **30** (1959), 3 66—67.]

Pentru înlocuirea unor materiale stratificate deficitare (textolit, steclotextolit, azbotextolit, fibră etc.) s-a realizat un nou produs, obţinut prin impregnarea plăcilor de lemn în răşini fenolo-formaldehidice. Proporţia de răşini în produs este de circa 20 %. Caracteristicile dielectrice ale acestui produs (PLS) nu sînt inferioare textolitului, getinascului sau ebonitei. Se arată că PLS este larg folosit în construcţia maşinilor şi aparatelor electrice cu tensiuni nominale pînă la 400 kV atît în execuţia nominală cît şi în cea tropicală. Se arată că prelucrarea mecanică PLS este mai uşoară decît a textolitului de exemplu: deşeurile de fabricaţie sînt mai mici decît la acest din urmă material. Dată fiind economicitatea PLS-ului, se prevede mărirea de cîteva ori a producţiei sale.

A. B.

CZ 621.315.614.64.015.5:537.572

Caracteristicile de ionizare ale izolaţiei hîrtiei ulei de tip condensator pentru aparatajul de înaltă tensiune. [După G. S. Kucinskii: Vestnik Elektroprom. **30** (1959) 9, 37—42, 9 fig., 2 tab.]

Pentru obţinerea unor construcţii raţionale de transformatoare de curent de foarte înaltă tensiune se ţine seama de gradienţii de ionizare şi anume:

E_n este gradientul de ionizare neeficace, sub care se produc procese de ionizare foarte slabe şi n-au acţiune de îmbătrînire asupra izolaţiei decît în procese de foarte lungă durată;

E_e — gradientul de ionizare eficace sub care se produc procese intense de ionizare care duc la distrugerea izolaţiei şi

E_m — gradientul minim de ionizare al dielectricului respectiv.

Aceste caracteristici de ionizare sînt în funcţie de următorii factori: natura dielectricului, grosimea izolaţiei, gradul de deshidratare şi purificare a dielectricilor compuşi şi felul bobinajului condensatorului.

Se prezintă rezultatele unor încercări pentru bobinaje tip condensator cu marginile armăturilor deschise, semiînchise şi închise. În funcţie de aceste rezultate se deduc formele empirice pentru determinarea mărimilor E_n, E_e şi E_m.

Măsurătorile de mai sus prezintă interes practic, fiind folosite la proiectarea transformatoarelor de curent, lucrînd la tensiunile 110—220 şi 400 kV.

Se arată că pentru izolaţia folosind hîrtia de cablu K 12, gradientul de regim (E_e) nu trebuie să depăşească valoarea 36kV/mm, iar gradientul de încercare (E_i) valoarea 12 kV/mm

A. B.

CZ 621.315.614.7.015.5 :621.313.045

Despre scăderea rigidităţii dielectrice a izolaţiei bobinajelor statoarelor maşinilor electrice de înaltă tensiune. [După P. V. Borisoglebski, N. S. Ilcenko.: Vestnik Elektroprom. **30** (1959) 9, p. 50—52, tab. 1.]

Studiul se referă la izolaţia bobinajelor statoarelor de 6 kV. Determinarea tensiunii de străpungere se face cu următoarele metode: 1) creşterea lină a tensiunii; 2) ridicarea tensiunii în trepte de cîte 0,5 U_l cu menţinerea tensiunii la fiecare treaptă timp de 5—7 minute; 3) aplicarea unor cicluri constînd în ridicarea şi scăderea tensiunii în trepte de cîte 0,5 U_l cu menţinerea tensiunii la fiecare treaptă timp de 5—7 minute. Rezultatele încercărilor arată că, în comparaţie cu prima metodă, cea de-a doua determină o scădere a rigidităţii dielectrice cu 6—7% iar cea de-a treia o reducere a rigidităţii dielectrice cu 17—25%. Aceste scăderi ale caracteristicilor dielectrice ale izolanţilor solizi folosiţi în construcţia maşinilor electrice (mică, hîrtie, lac şi compound) se explică prin acţiunea proceselor de ionizare ce au loc la tensiuni inferioare tensiunii de străpungere. Scăderea rigidităţii dielectrice a izolanţilor compuşi la creşterea temperaturii se explică în primul rînd prin reducerea rigidităţii dielectrice a lacului şi compoundului şi prin intensificarea proceselor de ionizare, datorită repartizării inegale a intensităţilor cîmpului electric în funcţie de valorile diferite ale constantelor dielectrice ale materialelor izolante respective.

A.B.

CZ 621.315.517.4

Capacitatea de încleiere a lacurilor de impregnare. [După I. V. Koriţkii şi E. N. Petrova: Vestnik Elektroprom. **30** (1959), 5 p. 34—38, 5 fig.]

Rigidizarea mecanică a spirelor bobinajelor maşinilor electrice se realizează prin impregnarea corespunzătoare a izolaţiei între spire. Pentru aceasta se acordă importanţa cuvenită capacităţii de încleiere a lacurilor de impregnare. În special conductorii izolaţi cu emailuri se studiază din acest punct de vedere. Metoda folosită constă în determinarea efortului necesar distrugerii rigidizării mecanice a încleierii. Epruvetele se impregnează în lacul studiat şi se usucă într-un regim termic corespunzător, fiind apoi supuse unui regim de normalizare, timp de 24 ore la 120°C. Această pregătire a fost efectuată asupra unui lot de 60 epruvete confecţionate din conducte tip PEL cu diametrul 1,16 mm şi impregnate cu lacul oleo-bituminos nr. 447.

Se prezintă rezultatele aceloraşi încercări asupra altor lacuri de impregnare. Pentru unele lacuri, capacitatea de încleiere se determină după acţiunea unor cicluri la temperaturi ridicate, respectiv 160°C. Pentru lacurile organice, durata ciclului este de 72 ore iar umiditatea relativă 98±1%.

După 10 cicluri, capacitatea de încleiere a lacurilor organice a scăzut în proporţie de 22—25%, iar a lacurilor silico-organice cu 21—30%.

A.B.

Recenzii

CZ 621.314.212-002

SAPOJNIKOV V. A.: **Construcţia transformatoarelor.** (Construirovanie transformatorov), ediţia a II-a, 360 pag. Gosenergoizdat, Moscova-Leningrad, 1959.

Cartea pe care o recenzăm reprezintă reeditarea cărţii „Construcţia transformatoarelor", tradusă în limba romînă, pentru documentare, la EES în 1954.

În noua ediţie problemele tratate au fost revizuite în întregime, completate şi prezentate după un plan întrucîtva schimbat faţă de prima ediţie, cuprinzînd şi cel mai nou material răspîndit în diverse periodice.

Dacă prima ediţie, destinată în special ca manual pentru şcolile medii electrotehnice, a fost de un real folos constructorilor de transformatoare, ediţia a II-a, sub forma prezentată se adresează în primul rînd constructorilor cărora le pune la dispoziţie un material bogat şi complet, apoi ca manual pentru studenţii institutelor tehnice.

Sugestiile primite asupra cărţii de la cititorii din U.R.S.S. şi de la cei străini (a fost tradusă şi în R.P. Chineză), cît şi experienţa didactică a autorului au condus la o schimbare esenţială a fondului şi a modului de expunere, ca într-un volum mic să poată reda cît mai complet un vast material.

Pentru o prezentare cît mai clară, în limita spaţiului admis vom căuta să comparăm noua ediţie cu cea veche, atît de cunoscută constructorilor de transformatoare, şi să arătăm numai aspectul deosebit cu completările aduse.

Partea I — Introducere în construcţia transformatoarelor — este schimbată complet. Se trec, mai întîi, pe scurt, în revistă salturile pe plan mondial şi intern care au dus la actualele construcţii gigantice, apoi se arată rolul transformatoarelor cu tensiuni ridicate (110—500 kV) în transportul energiei la mari distanţe.

Construcţia transformatoarelor în U.R.S.S. este prezentată mai pe larg, arătîndu-se evoluţia în decursul ultimilor 25—30 ani a treptelor de tensiune şi de putere, pentru o unitate. Sînt enumerate problemele principale care stau în faţa constructorilor sovietici în perioada actuală pentru creşterea puterii specifice de transformare şi pentru un transport şi o distribuţie a energiei în condiţii cît mai avantajoase. (Folosirea tolei laminate la rece şi a celei laminate la cald cu pierderi reduse, micşorarea tensiunilor alternative de încercări pentru clasele de izolaţie de 110—500 kV şi deci reducerea distanţelor de izolaţie, mărirea siguranţei în funcţionare prin perfectarea proceselor tehnologice şi de fabricaţie etc.) În încheierea introducerii sînt enumerate materialele principale folosite, terminologia notaţiile şi prescurtările utilizate.

Cap. I. — Tipuri constructive de transformatoare. Dezvoltarea construcţiei naţionale — a cărei schiţă se găsea în introducerea vechii ediţii — mai ales prin bogăţia materialului grafic reuşeşte să dea o privire de ansamblu asupra celor mai noi forme constructive atît ale firmelor sovietice cît şi ale celor mai mari firme străine, lucru vizibil în tot cursul cărţii. Acest capitol are mai mult un scop didactic, familiarizînd pe constructor cu terminologia folosită, nescăpîndu-se din vedere nici cel mai mic detaliu constructiv. Totodată se face şi o prezentare a capitolelor ce urmează, indicînd locul unde sînt tratate reperele respective. Sînt date şi unele detalii constructive referitoare la legăturile comutatoarelor şi intrările pentru transformatoarele cu tensiuni peste 110 kV de care nu se ocupă în mod special în carte.

Captiolul se încheie cu o prezentare a transformatoarelor cu circuitul magnetic în manta.

Cap. II — Circuitul magnetic — cuprinde în plus noile forme de circuite magnetice pentru tabla laminată la rece cu cristale orientate. Tablele indicate pentru construcţia circuitelor magnetice sînt după noile norme (GOST 802—58) şi cuprind atît pe cele laminate la rece cît şi pe cele laminate la cald cu prinderi reduse.

La miezurile cu mai multe rame sînt date lămuriri suplimentare şi date constructive noi. Ca o evoluţie firească s-au introdus date şi asupra diametrelor coloanelor de 1 000—1 250 mm cum ar fi numărul de trepte, numărul de canale de răcire din miez etc. Valorile coeficienţilor de utilizare a coloanelor fără strîngere şi a coloanelor transformatoarelor cu mai multe rame s-au schimbat. Datele referitoare la calculul dimensiunilor şi numărului de tole ale unui transformator de 560 kVA/10 kV ca şi datele referitoare la ansamblul circuitului magnetic al transformatorului de 15 MVA/110 kV au fost înlocuite cu date din noua serie, care foloseşte şi tabla laminată la rece. (Se dau date asupra circuitelor magnetice ale transformatoarelor de 180 kVA, 560 kVA, 20 MVA/110 kV etc.).

În încheiere se dau indicaţii tehnologice sumare asupra executării diferitelor tipuri de circuite magnetice.

Cap. III — Izolaţia transformatoarelor — este orientat spre puteri mari şi tensiuni înalte şi dă o explicaţie mai completă asupra complexului de fenomene la pătrunderea undei electromagnetice în înfăşurări. Se dau diagrame cu rezultatele încercărilor la unda de impuls completă şi cu front tăiat şi pentru clasa de izolaţie de 220 kV. Se ocupă în mod deosebit de capacităţile de protecţie (ecrane, inel de gardă, justificînd eficacitatea lor la uniformizarea tensiunii iniţiale de şoc. Tabelele privitoare la valorile tensiunilor de încercare la 50 Hz şi la tensiunile de şoc pentru încercarea izolaţiei interne (în ulei) şi externe (în aer) au datele schimbate şi completate mai ales pentru clasele de izolaţie mai mari de 110 kV.

Cap. IV — Înfăşurările — afară de ordonarea materialului, dă lămuriri asupra sensului de bobinaj şi asupra modului de execuţie a transpoziţiilor, justificînd într-un mod simplu eficacitatea lor. Tipurile de înfăşurări şi execuţia lor au rămas aceleaşi, cu deosebirea că se indică bobonajul stratificat şi la 35 kV, dîndu-se date amănunţite asupra izolaţiei între straturi după noua serie sovietică de transformatoare. Se dau detalii constructive asupra inelului de gardă şi a ecranelor, cum şi modul lor de aşezare. Tabelele cu distanţele de izolaţie în ulei la masă, între înfăşurări, distanţele de conturnare etc. au suferit modificări pentru toate clasele de izolaţie şi sînt completate cu noi date.

Cap. V — Comutatorul — are date nu numai pentru comutatorii transformatoarelor de gabarit 1 şi 2 şi clasa de izolaţie pînă la 35 kV, ci şi asupra celor de gabarit 3 şi 4 şi tensiuni pînă la 220 kV inclusiv.

Cap. VI — Legăturile — păstrează forma expunerii din vechea ediţie avînd revizuite şi completate numai datele referitoare la distanţele de izolaţie în ulei de la legături la diferitele părţi, de diferite forme, ale transformatorului. Alte adăugiri s-au mai făcut la realizarea grupelor de conexiuni şi fixarea legăturilor.

Cap. VII — Bornele — aduce completări referitoare la distanţele de izolare şi conturnare în ulei şi aer pentru izolatoarele de porţelan folosite pînă la 35 kV inclusiv şi date noi pentru bornele cu clasele de izolaţie de la 110 la 500 kV. Cît priveşte caracteristicile bornelor umplute cu ulei acestea sînt complet schimbate. Părţile referitoare la distanţele de izolare şi aşezare a bornelor sînt mult completate cu date şi schiţe.

Cap. VIII — Cuva şi sistemul de răcire — cuprinde foarte multe date noi şi mai ales referitoare la noua serie sovietică de transformatoare*). Astfel, folosirea ţevilor ovale pentru transformatoarele pînă la 560 kVA duce la o scădere cu 50% a volumului de ulei din ţevi pentru aceeaşi arie de răcire şi la o micşorare a pasului ţevilor de la 70 mm la 50 mm. Partea referitoare la cărucior este completată cu sisteme constructive noi pentru transformatoarele foarte mari. Calculul de rezistenţă mecanică a cuvelor este dat complet nu numai relaţiile finale, pentru a se putea face diferite ipoteze simplificatoare de la caz la caz. Se dau curbele pentru determinarea solicitărilor şi săgeţilor pereţilor plani şi pentru grosimile de 8 şi 10 mm (se dădeau numai pentru 4 şi 6 mm). Exemplele de calcul pentru peretele cuvei, capac şi fund sînt date separat, revizuite şi adaptate la noile construcţii. Este prezentată cuva demontabilă a transformatoarelor foarte mari din noua serie. La sistemele cu ventilaţie forţată a radiatoarelor se dă o schemă de pornire automată a motoarelor ventilatoarelor cînd temperatura uleiului din transformator depăşeşte o limită stabilită. La răcirea cu apă a uleiului se dă un exemplu de calcul hidraulic al sistemului de circulaţie a uleiului...

Cap. IX — Conservatorul de ulei — cuprinde numai completări de natură grafică în legătură cu fixarea conservatorului la cuvă, apoi unele lămuriri suplimentare referitoare la indicatoarele de nivel şi ermetizarea transformatoarelor.

Cap. X — Aparate de control şi de protecţie — cuprinde în plus faţă de ediţia veche descrierea noilor tipuri de relee cu gaz.

Cap. XI — Transportul transformatoarelor şi transformatoarele deplasabile — cuprinde în plus, afară de unele date referitoare la platformele şi transportoarele de cale ferată, o metodică generală de calcul pentru forţele de prindere a transformatorului de platformă pentru a rezista la forţele ce pot apărea în timpul transportului. Partea referitoare la transformatoarele deplasabile este de asemenea completată.

Cap. XII — Transformatoare uscate de putere — este un capitol nou. Se face o privire de ansamblu asupra tipurilor constructive trecîndu-se în revistă părţile componente principale, apoi sînt indicate numai deosebirile constructive esenţiale, în rest făcîndu-se trimiteri la reperele corespunzătoare de la transformatoarele în ulei.

Anexele, sînt completate cu materiale conform noilor norme. Numărul anexelor, ca şi volumul lor au crescut, majoritatea anexelor fiind completate cu date referitoare la transformatoarele de tensiuni înalte şi puteri foarte mari şi bineînţeles cu multe schimbări de date chiar la celelalte puteri, ca o consecinţă a apariţiei noii serii sovietice de transformatoare.

În general, cartea „Construcţia transformatoarelor", sub noua sa formă, este un excelent manual didactic şi totodată cartea de bază a constructorului de transformatoare; în aceeaşi măsură ea este utilă şi în atelierele de reparaţii.

Ing. N. I. Bichir şi ing. Gh. Nistor

*) A se vedea Vestnic Elektroprom. 30 (1959) 4; 8.

Cronică

Conferinţa Institutelor de Învăţămînt Superior din U.R.S.S. consacrată aplicării modelării fizice şi matematice în problemele electrotehnice

Între 26—30 octombrie 1959, la Institutul Energetic din Moscova, a avut loc Conferinţa Institutelor de Învăţămînt Superior din Uniunea Sovietică, consacrată aplicării modelării fizice şi matematice în rezolvarea diferitelor probleme electrotehnice.

Lucrările conferinţei s-au desfăşurat în două secţii: secţia modelării fizice şi secţia modelării matematice.

În prima secţie au fost prezentate 39 referate ştiinţifice; în secţia a II-a au fost prezentate 38.

Atrage atenţia numărul mare de organizaţii ştiinţifice care se ocupă de problema modelării în U.R.S.S., între care institute de învăţămînt superior, institute de cercetări ştiinţifice, institute ale Academiei de Ştiinţă a U.R.S.S., cum şi ale multor republici unionale.

De asemenea se impune a fi subliniată marea varietate de probleme electrotehnice care au fost rezolvate cu ajutoru metodei modelării, cum şi perspectivele multilaterale pe care le oferă această metodă cercetării ştiinţifice.

În referatul său prof. V. A. Venikov — dr. în ştiinţe tehnice — intitulat „Căile de folosire a diferitelor modele şi maşinilor de calcul în energetică", sintetizînd experienţa mondială acumulată în acest domeniu şi referindu-se la problemele noi pe care le ridică dezvoltarea vertiginoasă a sistemelor energetice, apariţia unor noi construcţii şi elemente (generatorul de înaltă tensiune elaborat de Institutul Energetic din Moscova împreună cu uzina Ural electroaparat, maşina asincronă sincronizată, elaborată de V.N.I.E., energetică nucleară, pompele electromagnetice etc.), subliniază importanţa

excepţională a combinării studiilor teoretice cu experienţa, fără de care rezultatele muncii de cercetare pot fi eronate.

De aici, rezultă necesitatea de a folosi în munca de cercetare maşinile de calcul cu metodele modelării fizice şi similitudinii.

Referatul indică în continuare domeniile de aplicare a maşinilor de calcul numeric, meselor de calcul, maşinilor analoge, modelelor electrodinamice.

Astfel, referatul indică pentru maşinile electronomatematice trei domenii fundamentale de aplicare:

— în calculul şi proiectarea maşinilor şi sistemelor energetice; pentru calculul regimurilor optime de funcţionare şi exploatare;

— pentru calculele energoeconomice de mari proporţii (calculele de perspectivă);

— pentru comanda nemijlocită a regimurilor de funcţionare a sistemelor energetice (funcţia de dispecer automat).

În ceea ce priveşte folosirea maşinilor electronice de calcul ca dispeceri automaţi ai sistemelor energetice, autorul arată că această problemă aparţine viitorului mai mult sau mai puţin apropiat, pentru a cărei rezolvare trebuie create în prealabil dispozitive cibernetice cu autoacordare şi elemente de memorie.

Modelarea fizică se dezvoltă în două direcţii:

— crearea de modele dinamice în care se respectă similitudinea parametrilor integrali (modelare incompletă);

— modelarea completă a obiectelor electrotehnice în care se respectă similitudinea, atît a parametrilor integrali, cît şi a cîmpurilor.

În această direcţie (modelare completă) la conferinţă a fost expus referatul „Rolul modelării fizice în dezvoltarea metodelor de calcul al maşinilor electrice" (conf. cand. ştiinţe tehnice A. V. Ivanov-Smolenski), în care se arată rolul important ce revine modelării fizice în studiul maşinilor noi încă neconstruite pe modele complet similare originalului.

Tot în cadrul secţiei de modelare fizică au fost prezentate referate, reprezentînd rezultatele unor cercetări în cadrul Institutului de Electromecanică al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S. sub conducerea Academicianului M. P. Kostenko, privind pierderile de scurtcircuit în modelele turbogeneratoarele, modelarea proceselor în înfăşurările de amortizare ale hidrogeneratoarelor, calculul caracteristicilor de scurtcircuit ale transformatoarelor-model, modelarea unei linii de transport de 600 kV şi 2 000 km lungime, moldelarea dinamică a oscilaţiilor maşinilor sincrone, modelarea proceselor termice şi hidraulice în înfăşurările statorului turbogeneratoarelor de mare putere răcite cu apă etc.

Un mare număr de lucrări au fost expuse de colaboratorii Institutului de fizică al Academiei de Ştiinţe a R. S. S. Lituania, desfăşurate sub conducerea membrului corespondent al acestei Academii I. S. Kirko.

Un interes deosebit prezintă referatele prezentate de I. M. Gorski (M.E.I.) referitoare la „Studiul regimurilor asincrone de funcţionare a generatoarelor sincrone cu ajutorul maşinilor analoge", cum şi la „Studiul regimurilor sincrone de funcţionare a unui sistem electric cu ajutorul maşinilor de calcul analoge".

În aceste referate apar evidente avantajele combinării modelelor electrodinamice cu maşinile analoge de calcul.

Tot în această ordine de idei trebuie menţionate referatele: „Metodica aplicării maşinilor matematice cu acţiune continuă la studiul stabilităţii statice a unei transmisii lungi" (conf. V. S. Tarasov, I. V. Rachiţski, V. A. Muşnikov — L.P.I.) şi „Aplicarea maşinilor matematice de calcul cu acţiune continuă la studiul proceselor tranzitorii electromecanice în sistemele energetice" (I. N. Lughinskii, M. G. Portnoi — V.N.I., I.E.).

În cadrul secţiei de modelare matematică, referatele expuse au reflectat rezultatele aplicării diferitelor modele electromatematice în rezolvarea celor mai variate probleme ale economiei naţionale: studiul oscilaţiilor longitudinale şi transversale care apar în platformele de cale ferată în diferite situaţii, studiul mişcării nestaţionare în canale, studiul oscilaţiilor axelor motoarelor cu piston etc. şi de asemenea au fost prezentate o serie de dispozitive noi ca: integratorul EGDA 8/56, traiectograful MIFI, electrointegratorul ETA-2 etc.

Ca o concluzie generală se poate spune că conferinţa care a avut loc încheie o etapă importantă în ceea ce priveşte precizarea locului modelării fizice şi matematice în munca de cercetare ştiinţifică şi formulează cu precizie obiectivele dezvoltării ulterioare în acest domeniu.

Sînt elemente suficiente pentru a spune că mergînd pe calea combinării modelelor fizice cu maşinile matematice de calcul cercetătorii sovietici vor rezolva cu succes sarcinile grandioase pe care le ridică îndeplinirea planului septenal de dezvoltare a U.R.S.S.

Conf. cand. ştiinţe tehnice **V. N. Nedelcu**.

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. ing. PL. ANDRONESCU, prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, prof. dr. ing. A. AVRAMESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R. (redactor responsabil), ing. V. BUNEA, laureat al Premiului de Stat, prof. dr. ing. V. CORLĂŢEANU, ing. ST. GROSU, conf. ing. GH. HORTOPAN, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. G. LAZARIDE, prof. dr. ing. R. RĂDULEŢ, membru corespondent al Academiei R.P.R. laureat al Premiului de Stat.

Revista „*ELECTROTEHNICA*", organ al Asociaţiei Ştiinţifice a Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. şi a Ministerului Industriei Grele. Editor: Asociaţia Ştiinţifică a Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. Redacţia: Bucureşti, Str. Ion Ghica Nr. 3. Telefon 16.78.78. Administraţia şi Casieria: Bucureşti, Calea Victoriei Nr. 118 Telefon 14.06.24. Redcţia îşi rezervă toate drepturile privind lucrările precum şi materialul grafic-ilustrativ apărut în revistă cît şi privitoare la traducerea în limbi străine. Se admit extrase, referate sau comentarii numai cu indicarea completă a sursei. Revista apare lunar. Abonamentul anual: pentru întreprinderi lei 100 individuale lei 30. Preţul unui exemplar: lei 5. Abonamentele se primesc la sediul administraţiei. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinetele tehnice în contul nostru de virament: Publicaţiile Tehnice ASIT-070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin Bucureşti. Tiparul: Întreprinderea Poligrafică Nr. 2, Bucureşti

4584

SOMMAIRE

En avant, sur le chemin de l'édification du socialisme.
Electrotehnica **8** (1960) 1, 1–2

CD 621.314+621.316.5/9.0

Avramescu A. : **Les principes tehnico-économiques de la construction de l'équipement de très haute tension**
Electrotehnica **8** (1960) 1, 2–11

L'article présente les critériums technico-économiques généraux qui se réfèrent aux principes de la construction de l'équipement de très haute tension. Après l'indication de quelques critériums généraux — par exemple la sûreté en exploitation, l'économie des solutions adoptées, etc. — on analyse minutieusement les tendances générales dans la modernisation des constructions, à savoir : la réduction des types, l'augmentation des perfomances, la réduction du poids et du volume. On insiste sur le système des éléments constructifs et sur les tendances de progrès spécifiques aux transformateurs de puissance et de mesure, aux interrupteurs de puissance, aux séparateurs, aux déchargeurs et aux isolateurs. En conclusion on indique les voies les plus directes et efficaces pour la fabrication moderne de l'équipement de très haute tension (200–400 kV). L'article est complété par de nombreuses figures, des tableaux et une ample bibliographie.

CD 621.313.2.047.2

Cotta A. : **Etude sur la construction et la technologie de la fabrication des collecteurs.**
Electrotehnica **8** (1959) 1, 11–19

Dans cet article on étudie les différents systèmes de serrage des collecteurs rencontrés couramment dans la fabrication des machines à courant continu, et en outre on expose aussi les principes de détermination des dimensions de pièces de serrage pour un type plus neuf dont la détermination des dimensions et dont la fabrication sont trop peu traités dans la littérature. On fait des recommandations qui permettent l'orientation pour le choix des meilleures solutions constructives, en rapport avec les conditions de fabrication qui existent dans les différents établissements spécialisés dans la construction des machines électriques.

CD 621.312/316–758

Boer W. et *Fritsche O.* : **Le stade actuel de la résistance climatique aux produits électrotechniques.**
Electrotehnica **8** (1960) 1, 20–27

Après plusieurs observations générales en rapport avec les problèmes de la protection climatique de l'outillage technique, on présente la classification des climats basée sur des considérations techniques et les systèmes de protection climatiques correspondants. On discute les conditions d'essayage climatique, les prescriptions et les normes correspondantes, qui servent à établir les classes des essais. En conclusion on étudie les problèmes reliés à la protection des surfaces, au choix du matériel et à la technologie de l'outillage soumis à la protection climatique. Les auteurs considèrent les principaux problèmes relatifs à la protection climatique comme actuellement résolus, étant donné que ces problèmes sont en train de passer de la sphère des recherches à celle de la fabrication.

CD 621.315.613.1 : 621.313.322–81.045.13

Nanu A. : **Isolement mixte mica compoundé — micafolium pressé à chaud, un nouveau système d'isolation des barres des stators des turbogénérateurs**
Electrotehnica **8** (1960) 1, 28–31

Le système d'isolation simple avec micafolium pressé à chaud sur les barres des stators des turbogénérateurs a été remplacé, à cause de ses insuffisances, par le système mica compoundé, qui s'applique aujourd'hui. Comme ce système présente aussi des insuffisances, spécialement du point de vue de l'homogénéité de l'épaisseur de la couche isolante et du point de vue mécanique, on présente, dans cet article, les bases théoriques et les résultats expérimentaux d'un nouveau système d'isolation : le système mixte, qui donne des résultats supérieurs à ceux qu'on a employés jusqu'à présent.

RAPPORTS, 32–35
DOCUMENTATION, 35–38
COMPTES RENDUS, 38–39
CHRONIQUE, 39–40

621.3.01/.09 ELECTROTEHNICA GENERALĂ

CZ 621.317.727.:621.316.82

Rasin, V.M., Ciuciglin, I.P., Kocegurov, V.A. :

Proiectarea divizorilor pentru curent anodic. Electricestvo 79 (1959) 8, 54—57.

CZ 621.3.015.016.35:621.314.2

Konkoly, T. :

Noi metode pentru calcularea stabilizatoarelor de tensiune ferorezonante. Mérés és Automatika 7 (1959) 4—5, 109—112.

CZ 621.3.011.3:621.395.613.4

Swift, W.B. :

Impedanța electromecanică : analogii și realități. Communication and Electronics (1959) 42, 81—83.

621.313 MAȘINI ELECTRICE

CZ 621.313.14.013.415

Fransua, A. :

Calculul tensiunii electromotoare creată de cîmpul transversal de reacție al indusului motorului universal cu colector. Studii și Cercetări de Energetică 9 (1959) 2, 325—335.

CZ 621.313.8.012.001.13

Galleier, F.F. :

O metodă analitică pentru calcularea caracteristicilor interne ale generatoarelor de c.a. cu excitație cu magneți permanenți. Electricestvo 79 (1959) 8, 30—35.

CZ 621.313.2.015.54

Klimov, N.S. :

Despre îmbunătățirea comutației în mașinile de c.c. Electricestvo 79 (1959) 8, 78—80.

CZ 621.313.32:621.316.313

Cemus, J., Hamata, V. :

Un model universal de mașini sincrone. Elektrotechn. Obz. 48 (1959) 7, 353—357.

CZ 621.313.32.061

Henning, H. :

O nouă schemă echivalentă a mașinii sincrone cu poli plini Elektrotechn. u. Maschinenbau 76 (1959) 14, 352—354.

CZ 621.313.322.001

Basta, J. :

Un criteriu al stabilității dinamice a mașinii sincrone într-o rețea mare. Elektrotechn. Obz. 48 (1959) 7, 339—343.

621.314 TRANSFORMATOARE ELECTRICE

CZ 621.312—52:621.314.2

Grauvogel, J. :

Automatizarea în fabricația transformatoarelor. Automation 5 (1959) 34, 193—194.

CZ 621.314.222.8.033.6

Forger, K. :

O punte diferențială pentru determinarea erorii reductoarelor de măsură. Z. Instr. 67 (1959) 8, 199—203.

621.315 TRANSMISIA ENERGIEI ELECTRICE

CZ 621.315.176

Philipps, W. :

Comportarea lanțurilor de izolatori de 20 kV la oscilații laterale sub acțiunea vîntului. Elektrizitätswirtschaft 58 (1959) 13, 452—454.

621.315.5 CONDUCTOARE ELECTRICE

CZ 621.315.512.614.7

Sevcenko-Vinogradov, V.P. :

Dimensiunile geometrice și rigiditatea dielectrică a izolației pentru conductoarele în formă de rotor. Electricestvo 80 (1959) 8, 69—72.

CZ 621.315.5:621.316.5.066.6

Tucker, N.A. :

Materiale pentru contacte electrice. Electr. Rev. 164 (1959) 25, 1127—1131.

621.315.61/.62 **MATERIALE IZOLANTE. IZOLATORI**

CZ 621.315.615.2:537.571

Piotrowski, K. :

Introducere în studiul ionizării uleiurilor de transformatoare, din punct de vedere al teoriei cinetice a lichidelor. Bull. Sci. Assoc. Ing. Electriciens sortis Inst. électrotechn. Montefiore 72 (1959) 3, 253—277.

621.316.3/.5 **INSTALAŢII. APARATAJ**

CZ 621.316.5.064.242.014.31

Browne, Jr., T.G. :

O aproximare a analizei matematice a stingerii arcului de c.a. în întreruptoare. Power Apparatus and Systems (1959) 40, 1508—1517.

CZ 621.316.57.064.241:44

Wood, J.D., Carter, W.A. :

Încercarea întreruptoarelor cu suflaj magnetic în aer pentru funcţionarea la 5 Hz. Trans. Am. Inst. el. Eng. III Power App. & Syst. 80 (1959) 40, 1560—1562.

621.316.7 **REGLAJ**

CZ 621.316.74:.925.44

Alban, C.F., Perry, C.C. :

Reglarea performanţelor bimetalelor termostate. Machine Design 31 (1959) 10, 195—198.

621.316.9 **PROTECŢIE**

CZ 621.316.933.3

Levinstein, M.L., Kadomskaia, K.P. :

Asupra condiţiilor pentru deseărcătoarele folosite pentru protecţia împotriva supratensiunilor. Electricestvo (1959) 8,9—14.

CZ 621.316.923.027.2/ 3:621.316.54

Bayer, E., Sauer, J. :

Comportarea selectivă a siguranţelor de mare putere pentru joasă şi înaltă tensiune. AEG Mitt. 49 (1959) 4/5, 217—220.

621.317 **TEHNICA MASURILOR ELECTRICE**

CZ 621.317.32:.733.3

Basu, S.K. :

Măsurarea tensiunilor joase prin metode de punte. J. Sci. Industr. Res. (India) 18 B (1959) 6, 226—230.

CZ 621.317.727.89.6

Pinkney, Ch. D. :

O metodă pentru calibrarea divizoarelor de tensiune de precizie. Communication and Electronics (1959) 42, 182—185.

621.317.7 **INSTRUMENTE. APARATE DE MASURA**

CZ 621.317.311:621.318.42

Melnikov, O.N. :

Folosirea unui amplificator magnetic cu dublă alternanţă ca element de măsură a curenţilor continui mari. Electricestvo 79 (1959) 8, 36—40.

621.318.2 **MATERIALE MAGNETICE**

CZ 621.318.22

Fabian, R.J. :

Materiale pentru magneţi permanenţi. Materials in Design Engineering 50 (1959) 1, 108—114.

CZ 621.318.22:539.185

Drigo, A. :

Asupra posibilităţii de modificare a proprietăţilor magnetice ale corpurilor feromagnetice prin iradierea cu neutroni. Energia Electrică 36 (1959) 7, 617—621.

CZ 538.541:621.39.017.31

Agarwal, P.D. :

Pierderi prin curenţi turbionari în fierul masiv şi laminat. Communications and Electronics (1959) 42, 169—181.

621.319.4 **CONDENSATOARE ELECTRICE**

CZ 621.319.42:621.315.63

Renné, V.T. :

Condensatoare de forţă cu hîrtie metalizată. Electricestvo (1959) 8, 73—77.

CZ 621.319.4(41)

Brazier, L.G., Sporing, T.A., Birks, J.B. :

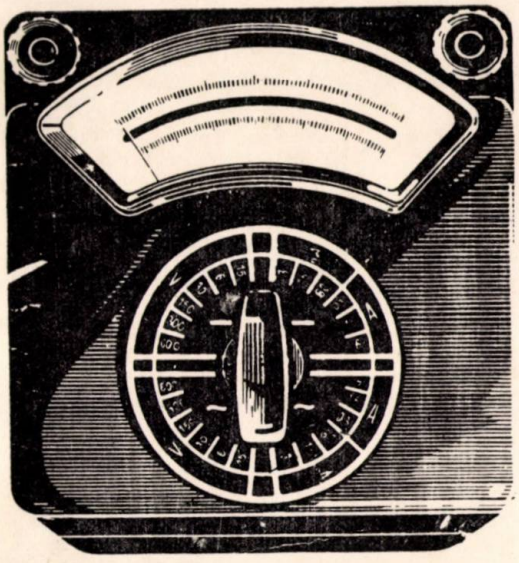
Evoluţia condensatoarelor în Marea Britanie. Engng. J. 42 1959) 6, 53—59.

RECOMANDĂRI PENTRU AUTORI

1. *Lucrările ce pot fi prezentate spre publicare sînt: de importanță generală tehnico-științifice speciale, teoretice sau experimentale și tehnice obișnuite.*
2. *Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare învățămînt, producție, este condiția esențială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuție trebuie să se refere la probleme noi și actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde considerații privind eficiența economică a soluțiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.*
3. *Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.*
4. *Lucrări care au mai fost publicate integral sau parțial nu pot fi trimise redacției spre publicare.*
5. *Un scurt rezumat fixînd premizele de la care s-a pornit problema studiată și cadrul în care este tratată, nedepășind 4—5 rînduri, se va anexa lucrării.*
6. *In introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei și în preocupările producției; de asemenea se arată scopul lucrării, subliniindu-se expres contribuția autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permițînd inteligibilitatea fără dificultăți a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstrații voluminoase; de asemenea se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată, sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.*
7. *Concluziile vor concentra rezultatele obținute cu indicarea limitei de valabilitate și aplicațiile posibile.*
8. *Citarea literaturii de specialitate este obligatorie pentru afirmațiile luate din alte lucrări și care nu sînt în general cunoscute.*
9. *Dezvoltările matematice vor fi limitate la cele absolut necesare înțelegerii raționamentului.*
10. *Se recomandă o atenție deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii și exponenții se vor scrie mai mici decît baza și așezați mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literile majuscule, minuscule sau cele rusești, romane, grecești, germane etc.*
11. *Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît și figuri sau tabele) speciale cît și cele generale. Se vor indica toate datele în transcripții originale. Pentru cărți: numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet (eventual și tradus în paranteză), ediția, editorul, locul editării, anul. Pentru articole: numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet original (eventual și tradus în paranteză), revista, tomul, anul, numărul, paginile.*
12. *Scrisul la mașină al articolelor este recomandat cu insistență exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură pagină față, de două rînduri (2 000 semne de pagină). Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.*
13. *Nu se admite trimiterea concomitent a textului la alte publicații.*
14. *Articolele se trimit cu o notă însoțitoare pe adresa redacției. In notă se vor indica: titluri, funcțiuni, localitatea și adresa domiciliului, număr de telefon.*
15. *Lucrările executate în cadrul diverselor instituții sau organizații vor purta aprobarea acestora de publicare.*
16. *Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 de ore de la primire. Nu se admit modificări în corectură față de manuscris..*

MŰSZAKI KÖNYVTÁR 1823

INSTRUMENTUL DE MĂSURARE MULTIPLĂ



este un ampermetru şi un voltmetru multicomutabil, avînd dispozitiv de măsurare cu cadrul mobil pentru curent continuu şi alternativ. El înlocuieşte mai multe alte instrumente şi în consecinţă se recomandă atît pentru deplasări şi montaj cît şi în exploatare, la platforme de încercare şi în laboratoare.

Deutscher Innen- und Aussenhandel

Elektrotechnik

Berlin, C 2, Liebknechtstrasse, 14

Informaţii mai detaliate puteţi obţine prin:

AMBASADA REPUBLICII DEMOCRATE GERMANE DIN REPUBLICA POPULARĂ ROMINĂ
SECŢIA COMERCIALĂ, BUCUREŞTI, CALEA DOROBANŢILOR Nr. 14

ABONAŢI-VĂ

pe anul 1960 la revista

ELECTROTEHNICA

Abonamentele se primesc la sediile filialelor şi subfilialelor ASIT din întreaga ţară, precum şi prin responsabilii cu presa din cercurile ASIT. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinete tehnice în contul nostru de virament: Publicaţiile Tehnice ASIT 070.124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin, Bucureşti — Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual — Tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri: lei 30 anual.

LEI 5

E 2040

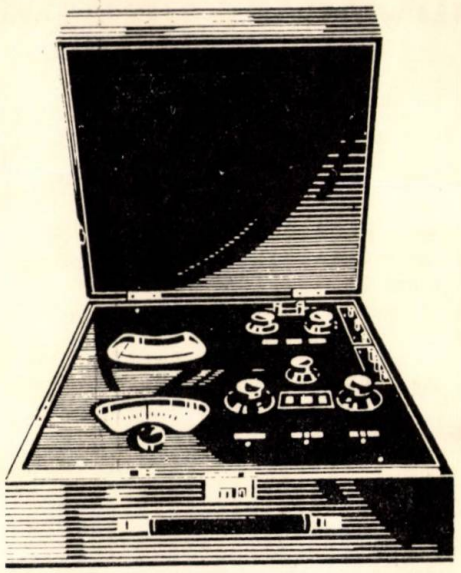
REFERALVA

ELECTROTEHNICA

2

Electrotehnica — Bucureşti ★ Anul 8 ★ nr. 2 ★ p. 41 — 72 ★ februarie 1960

Compensatorul tehnic de valori ohmice joase



este destinat măsurării tensiunilor fără sarcină — în exploatare și laborator, în special a tensiunilor joase, de exemplu la termoelemente. In carcasa cu capacul demontabil sînt montate toate elementele schemei de compensare: Ampermetru cu reglaj brut și reglaj fin pentru curentul auxiliar, — galvanometru — contact de galvanometru cu rezistență de protecție și contact de închidere, întreruptor pentru baterie — cleme de racord pentru tensiunea (E.M.K.) de măsurat — spațiu pentru o baterie uscată de 4,5 V.

Deutscher Innen- und Aussenhandel

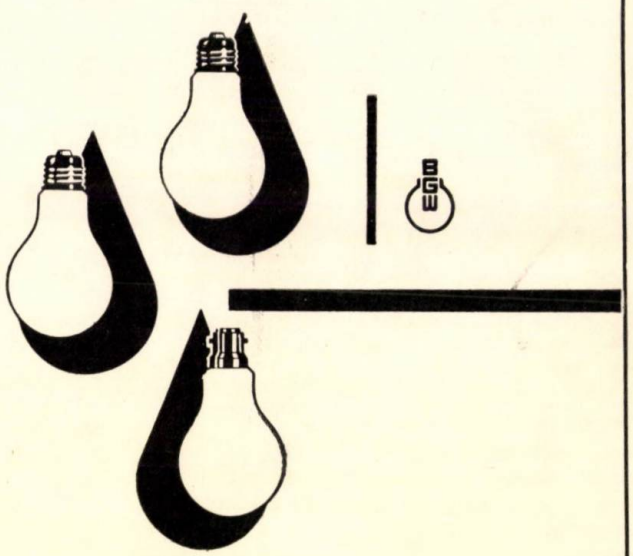
Elektrotechnik

Berlin C 2, Liebknechstrasse 14
Deutsche Demokratische Republik

A d r e s a:
AMBASADA REPUBLICII DEMOCRATE GERMANE
S E C Ț I A C O M E R C I A L Ă
Calea Dorobanților, 14 *București*

LĂMPI DE UZ COMUN

Lămpile de uz comun mai ocupă — cu toate modificările survenite locul cel mai amplu în tehnica iluminatului. In **Fabrica de becuri electrice din Berlin** se construiesc în fabricație de mare serie lămpi de uz comun pentru toate domeniile de tensiune uzuale, cu puteri de 15 — 200 W destinate tuturor țărilor din lume.



Informații:

AMBASADA REPUBLICII DEMOCRATE GERMANE
Secția Comercială — București — Calea Dorobanților, 14

RFT
Elektrotechnik

VIZITAȚI TÎRGUL DE PRIMĂVARĂ DIN LEIPZIG
DELA 28 FEBRUARIE — 8 MARTIE 1960

ELECTROTEHNICA

Anul 8 Nr. 2 februarie 1960

CUPRINS

CZ 621.313.32.044.53 :621.317.334.011.2

Potolea E. : **Două metode pentru determinarea reactanței transversale a mașinii sincrone cu poli aparenți**

Electrotehnica 8 (1960) 2, 41–45

Sînt prezentate două metode de determinare a reactanței transversale a mașinilor sincrone cu poli aparenți, cu ajutorul unui montaj simplu care nu necesită ca aparate de măsură decît volumetre și ampermetre. Ele folosesc rezultatele experimentale obținute la ridicarea caracteristicii externe în următoarele condiții particulare : generatorul este slab excitat și funcționează pe partea liniară a caracteristicii sale de magnetizare ; generatorul funcționează la cos $\varphi = 1$.

CZ 621.313.223.1.044.61

Novac I. : **Considerențe asupra dimensionării interstițiului de aer din corpul polilor mașinilor de curent continuu autoexcitate cu caracteristica magnetică specială**

Electrotehnica 8 (1960) 2, 46–51

Folosind metoda reprezentărilor conforme, se demonstrează că, în cazul că se practică în corpul unui pol de mașină de curent continuu un interstițiu de aer, o parte a liniilor de cîmp se închide în exteriorul polului. Pe baza rezultatelor obținute se conchide că este recomandabil ca acest interstițiu să se plaseze în mijlocul polului sau înspre talpa polară.

În lucrare se stabilesc relațiile de calcul necesare pentru dimensionarea interstițiului, ținîndu-se seama și de valoarea fluxului care ocolește prin exterior zona „istmului".

CZ 621.314.211 :621.791.735

Stoleru S. : **Transformator pentru sudură manuală cu arc electric TASM-300**

Electrotehnica 8 (1960) 2, 52–57

Este prezentat noul transformator de sudură manuală construit la întreprinderea Electrotehnica. Se dau rezultatele încercărilor efectuate la platformă.

CZ 621.3 :551.594.1/2

Grosu Șt. : **Considerații cu privire la unele fenomene din electricitatea atmosferică**

Electrotehnica 8 (1960) 2, 57–62

Autorul face o prezentare sintetică a ipotezelor și teoriilor mai plauzibile, cu privire la fenomenele electrice din atmosferă și expune unele puncte de vedere proprii cu privire la modul de producere a supratensiunilor în atmosferă, la trăsnetul globular, și la unele posibilități de utilizare a electricității atmosferice.

NOTE

CZ 621.314.224.3 :621.317.312.088.22

Sémlyen A. : **Observații referitoare la determinarea expresiilor erorilor transformatoarelor de curent necompensate**

Electrotehnica 8 (1960) 2, 62–64

CZ 621.3.011 :538.312

Nicolaide A. : **O demonstrație a expresiilor potențialelor electrodinamice**

Electrotehnica 8 (1960) 2, 65–67

Se dă o demonstrație simplă a expresiilor potențialelor electrod namice generale folosind calculul operațional.

DOCUMENTARE, 67–69

CRONICA, 70–71

DIN ACTIVITATEA ASIT, 71–72

BREVETE, 72

CONTENTS

DC 621.313.32.044.53:621.317.334.011.2

Pololea E.: **Two methods for determining the transversal reactance of the synchronous machine with salient poles**

Electrotehnica, 8 (1960) 2, 41–45

Two methods are presented for determining the transversal reactance of the synchronous machine with salient poles, by means of a simple connection which don't need any other measuring devices than voltmeters and ammeters. These methods utilize the experimental results obtained on surveying the external characteristic curves under following particular conditions: the generator is feebly excited and operates on the linear side of its magnetizing characteristic curve; the generator operates at cos $\varphi = 1$.

DC 621.313. 223.1.044.61

Novac I.: **Considerations about dimensioning the air-gap in the body of self-excited current machines, poles having a special magnetic characteristic curve**

Electrotehnica, 8 (1960) 2, 46–51

By using the conformal mapping method, it is demonstrated that, in the case that an air-gap is put in the body of a direct current machine pole, a part of the lines of force is closed at the outside of the pole. Starting from the results obtained, the conclusion is reached that it is advisable to locate this interstice in the middle of the pole or toward the pole shoe.

In the paper, the calculation relations necessary for dimensioning the interstice are established, taking into account also the magnitude of the flux turning round the zone of the „isthmus" through the outside.

DC 621.314.211:621,791.735

Stoleru Ş.: **Hand Welding Transformer TASM-300.**

Electrotehnica, 8 (1960) 2, 52–57

The novel hand welding transformer built at the enterprise „Electrotehnica" is presented. The results of the tests carried out on testing stand are given.

DC 621.3:551.594.1/2

Grosu Şt.: **Considerations on certain phenomena of the atmospheric electricity**

Electrotehnica 8 (1060) 2, 57–62

The author gives a synthetical survey of more plausible hypotheses and theories related to the atmospheric electricity phenomena and expounds some viewpoints of his own concerning: the mode in which the over-voltages in the atmosphere are produced, the spherical lightning and several possibilities of utilizing the atmospherical electricity.

NOTES

DC 621.314.224.3:621.317.312.088.22

Sémlyen A.: **Remarks about determining the expressions of non-compensated errors of current transformers**

Electrotehnica, 8 (1960) 2, 62–64

DC 621.3.011:538.312

Nicolaide A.: **A demonstration of electrodynamic potentials expressions**

Electrotehnica 8 (1960) 2, 65–67

A simple demonstration is given of the general expressions of electrodynamic potentials using the operational calculus.

DOCUMENTATION, 67–69

CHRONICLE, 70–71

FROM ASIT-ACTIVITIES, 71–72

PATENTS, 72

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.313.32.044.53 :621.317.334.011.2

Potolea E.: **Два метода определения поперечной реактивности синхронной машины с открытыми полюсами**

Electrotehnica 8 (1960) 2, 41–45

Описаны два метода определения поперечной реактивности синхронных машин с открытыми полюсами при помощи несложной схемы, измерительная аппаратура которой состоит лишь из вольтметров и амперметров. При этом используются экспериментальные результаты, полученные при съеме внешней характеристики в следующих частных условиях: генератор находится под слабым возбуждением и работает на линейной части его характеристики намагничивания; генератор работает при $\cos \varphi = 1$.

ДК 621.313.223.1.044.61

Novac I.: **К вопросу расчета воздушного зазора в корпусе самовозбуждаемых полюсов постоянного тока с особой магнитной характеристикой**

Electrotehnica 8 (1960) 2, 46–51

Пользуясь методом конформных отображений, доказывается, что в случае наличия воздушного зазора в корпусе полюса машины постоянного тока, часть полевых линий сходится вне полюса. На основе полученных результатов рекомендуется размещение данного зазора посередине полюса или ближе к его краю.

В статье уточняются формулы необходимые для расчета зазора, причем учитывается значение потока, протекающего извне вдоль зоны „перешейка".

ДК 621.314.211 :621.791.735

Stoleru S.: **Трансформатор для ручной электродуговой сварки ТАСМ-300**

Electrotehnica 8 (1960) 2, 52–57

Дано описание нового трансформатора для ручной сварки, сконструированного предприятием „Электротехника". Приводятся результаты испытаний в промышленных условиях.

ДК 621.3 : 551.594.1/2

Grosu Şt.: **О некоторых явлениях атмосферного электричества**

Electrotehnica 8 (1960) 2, 57–62

Дается краткое описание более или менее правдоподобных гипотез и теории о электрических атмосферных явлениях и излагается личная точка зрения автора по вопросу возникновения атмосферного сверхнапряжения при сфероидной молнии, а также о возможностях использования атмосферного электричества.

ЗАМЕТКИ

ДК 621.314.224.3 :621.317.312.088.22

Sémlyen A.: **К вопросу определения выражений для погрешностей некомпенсированных трансформаторов тока**

Electrotehnica 8 (1960) 2, 62–64

ДК 621.3.011 :538.312

Nicolaide A.: **Расчет выражений общих электродинамических потенциалов**

Electrotehnica 8 (1960), 2, 65–67

Показан операционный расчет общих электродинамических потенциалов, отличающихся несложным выполнением.

ДОКУМЕНТАЦИЯ, 67—69
ХРОНИКА, 70—71
ИЗ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АСИТ, 71–72
ПАТЕНТЫ, 72

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.313.32.044.53:621.317.334.011.2

Pololea E. : **Zwei Methoden zur Bestimmung der Querreaktanz bei Synchronmaschinen mit ausgerägten Polen**

Electrotehnica **8** (1960), H2, 41–45

Zur Bestimmung der Querreaktanz von Synchronmaschinen mit ausgeprägten Polen werden zwei Methoden erläutert, welche als Messgeräte nur einen Spannungs- und einen Strommesser in einfacher Schaltung benötigen. Die beschriebenen Methoden verwenden die Versuchsergebnisse zur Aufnahme der äusseren Kennlinie in folgenden Sonderfällen: der Generator ist schwach erregt und läuft im geradlinigen Teil seiner Magnetisierungskurve, der Generator läuft mit $\cos \varphi = 1$.

DK 621.313,223.1.044.61

Novac I. : **Betrachtungen über die Bemessung des Luftraumes aus dem Polkörper der selbsterregten Gleichstrommaschinen mit magnetischer Sondercharakteristik**

Electrotehnica **8** (1960), H.2, 46–51

Durch Anwendung der Methode der konformen Abbildungen beweist man dass, bei Einführung eines Luftraumes in den Polkörper einer Gleichstrommaschine, ein Teil der Feldlinien sich ausserhalb des Poles schliessen. Auf Grund der erzielten Ergebnisse gelangt man zu dem Schluss, dass es ratsam ist, diesen Luftraum in die Mitte des Poles oder in die Nähe des Polschuhes zu verlegen.

Im Aufsatz werden die rechnerischen Beziehungen zur Bestimmung der Luftraumabmessungen angegeben, wobei auch der Wert des Flusses, welcher die „Isthmuszone" aussen umschlingt berücksichtigt wird.

DK 621.314.211:621.791.735

Stoleru S. : **Schweisstransformator zur elektrischen Lichtbogen Schweißung TASM – 300**

Electrotehnica **8** (1960), H.2, 52–57

Es wird der neue, vom „Electrotehnica"-Werk gebaute Schweiß – Transformator beschrieben. Ferner werden die Versuchsergebnisse im Prüffeld angegeben.

DK 621.3.551.594.1/2

Grosu Şt. : **Betrachtungen über gewisse Erscheinungen der atmosphärischen Elektrizität**

Electrotehnica **8** (1960), H.2, 57–62

Der Verfasser bringt eine synthetische Darstellung der plausibleren Hypothesen und Theorien bzgl. der elektrischen Erscheinungen in der Atmosphäre sowie die Darlegung einiger persönlischen Standpunkte über die Entstehung der Überspannungen in der Atmosphäre, über den Kugelblitz und über einige Anwendungsmöglichkeiten der atmosphärischen Elektrizität.

KURZBERICHTE

DK 621.314·224.3:621.317.312.088.22

Sémlyen A. : **Bemerkungen zur Bestimmung der Ausdrücke von unkompensierten Fehlern bei Stromwandlern**

Electrotehnica **8** (1960), H.2, 62–64

DK 621.3.011 : 538.312

Nicolaide A. : **Eine Beweisführung der Ausdrücke der elektrodynamischen Potentiale**

Electrotehnica (1960) H. 2, 65–67

Es wird aine einfance Beweisführung Potenziale gegeben, wobei die Operationabrechnung angewandt wird.

DOCUMENTATION, 67–69

NACHRICHTEN, 70–71

AUS DER TATIGKEIT DES ASIT, 71–72

PATENTENSCHAU, 72

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ȘI AL MINISTERULUI INDUSTRIEI GRELE

Anul 8 nr. 2 februarie 1960

Două metode pentru determinarea reactanței transversale a mașinii sincrone cu poli aparenți

E. Potolea — București *

Extinderea sistemelor electroenergetice impune un studiu aprofundat al condițiilor lor de funcționare. În acest sens prezintă importanță predeterminarea experimentală a caracteristicilor mașinilor sincrone care constituie elemente esențiale ale sistemelor. În lucrare sînt prezentate două metode originale de predeterminare experimentală a reactanțelor transversale în mașinile sincrone cu poli aparenți, caracterizate prin simplicitatea montajelor de măsură utilizate.

CZ 621.313.32.044.53 : 621.317.334.011.2

Pentru determinarea reactanțelor sincrone ale mașinilor cu poli aparenți se utilizează în prezent metode experimentale bazate pe principii diferite, pe de o parte pentru reactanța longitudinală și pe de altă parte pentru reactanța transversală, necesitînd totodată montaje și aparate de măsură care prezintă dificultăți diferite. Astfel, dacă pentru determinarea reactanței longitudinale [1], [2] este suficientă utilizarea unor aparate de măsură simple, cum sînt ampermetrele și voltmetrele, în schimb pentru determinarea reactanței transversale este necesară realizarea unor montaje speciale [3], [4], [5] sau utilizarea fie a unui oscilograf, fie a unui dispozitiv pentru măsurarea decalajului dintre forța electromotoare și tensiunea la borne.

În articolul de față se vor expune două metode pentru determinarea reactanței transversale cu ajutorul unui montaj simplu care nu necesită ca aparate de măsură decît voltmetre și ampermetre.

1. Expunerea metodelor

Ambele metode ce vor fi expuse folosesc rezultatele experimentale obținute la ridicarea caracteristicii externe în următoarele condiții particulare :

— Generatorul este slab excitat, astfel încît tensiunea de mers în gol se situează pe porțiunea nesaturată a caracteristicii de mers în gol.

— Sarcina generatorului este formată din simple rezistențe, astfel încît factorul de putere este cos $\varphi = 1$.

Caracteristica externă astfel obținută (fig. 1) permite determinarea reactanței transversale după cum urmează :

Metoda I. În axele de coordonate ale caracteristicii externe se construiește dreapta D_1, care trece prin punctul $M_0(0, \sqrt{2}V_0)$ și are coeficientul unghiular :

$$m_1 = -(X_d + R), \qquad (1)$$

în care R și X_d sînt rezistența și reactanța longitudinală cunoscute.

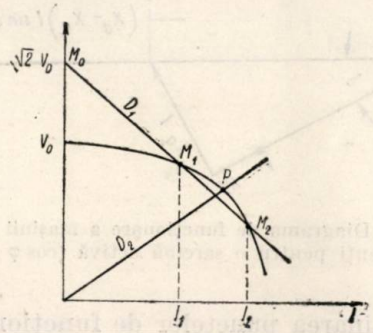


Fig. 1. Construcție grafică pentru determinarea reactanței transversale a mașinii cu poli aparenți.

Dreapta D_1 intersectează caracteristica externă în două puncte, dintre care cel de-al doilea M_2 permite determinarea reactanței transversale :

$$X_q = \frac{V_2}{I_2} + R. \qquad (2)$$

* Cand. în științe tehnice ing. *Eugen Potolea* este conferențiar la Institutul Politehnic — București.

Metoda a II-a. Se fixează rezistența de sarcină la valoarea:

$$R_s = X_d - R \tag{3}$$

și se măsoară curentul I_s.

Reactanța transversală se calculează din relația:

$$X_q = X_d \frac{\alpha^2 - \sqrt{2\alpha^2 - 1}}{1 - \alpha}, \tag{4}$$

în care:

$$\alpha = \frac{X_d I_s}{V_0}. \tag{5}$$

Este evident că determinarea curentului I_s poate fi făcută și în mod grafic, intersectînd caracteristica externă cu dreapta D_2 care trece prin origine și are coeficientul unghiular:

$$m_2 = X_d - R. \tag{6}$$

2. Justificarea teoretică a metodelor

Diagrama de funcționare a mașinii sincrone cu poli aparenți, construită pentru cazul unei sarcini active ($\cos \varphi = 1$), capătă aspectul din figura 2, căreia îi corespund ecuațiile:

$$\left.\begin{aligned} V \cos \delta + RI \cos \delta + X_d I \sin \delta &= V_0 \\ V \sin \delta + RI \sin \delta - X_q I \cos \delta &= 0 \end{aligned}\right\} \tag{7}$$

Metoda I se bazează pe observația că pentru o valoare particulară a unghiului δ și anume $\delta = 45°$, relațiile (7) capătă o formă simplificată:

$$\left.\begin{aligned} V + RI + X_d I &= \sqrt{2}\, V_0 \\ V + RI - X_q I &= 0 \end{aligned}\right\} \tag{8}$$

Metoda constă în a găsi pe caracteristica externă punctele care satisfac prima relație din (8), pentru a determina apoi reactanța transversală din cea de-a doua relație din (8).

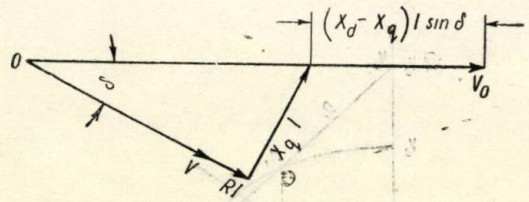


Fig. 2. Diagrama de funcționare a mașinii cu poli aparenți pentru o sarcină activă ($\cos \varphi = 1$).

Determinarea punctelor de funcționare menționate se face grafic intersectînd caracteristica externă cu dreapta D_1, așa cum s-a arătat în fig. 1. Unul dintre cele două puncte de intersecție conduce la determinarea reactanței transversale pe baza relației a doua din (8):

$$X_q = \frac{V_2}{I_2} + R. \tag{9}$$

Rămîne de demonstrat că dintre cele două puncte de intersecție M_1 și M_2 trebuie ales punctul M_2 pentru determinarea reactanței transversale. În acest scop vom determina pe cale analitică punctele de intersecție dintre dreapta D_1 și caracteristica externă.

Eliminînd unghiul δ între ecuațiile de funcționare (7) se obține:

$$I \cos \delta \left(\frac{V}{I} + R + X_d \operatorname{tg} \delta \right) = V_0 \tag{10}$$

$$\left(\frac{V}{I} + R \right) \operatorname{tg} \delta = X_q,$$

sau

$$I \frac{Z + \dfrac{X_d X_q}{Z}}{\sqrt{1 + \dfrac{X_q^2}{Z^2}}} = V_0 \tag{11}$$

cu notația:

$$Z = \frac{V}{I} + R. \tag{12}$$

Prima relație din (8) poate fi scrisă sub forma:

$$I(Z + X_d) = \sqrt{2}\, V_0 \tag{13}$$

astfel încît împărțind (13) cu (11) rezultă:

$$\frac{\sqrt{Z^2 + X_q^2}}{Z^2 + X_d X_q} (Z + X_d) = \sqrt{2}. \tag{14}$$

Este ușor de verificat că relația (14) poate fi pusă sub forma:

$$(Z - X_q)\, \Phi(Z) = 0, \tag{15}$$

în care:

$$\Phi(Z) = Z^3 - (2X_d - X_q)Z^2 + X_d(2X_q - X_d)Z - X_d^2 X_q. \tag{16}$$

Se constată că ecuația (15) admite cel puțin două soluții reale:

$$\begin{aligned} Z_1 &= X_q \\ Z_2 &> X_q \end{aligned} \tag{17}$$

Cea de-a doua rădăcină Z_2 este mai mare decît prima Z_1, deoarece:

$$\Phi(X_q) = 2X_q(X_q^2 - X_d^2) < 0 \tag{18}$$

$$\Phi(\infty) > 0$$

Avînd în vedere relația (12), rezultă că rădăcina mai mică X_q corespunde punctului M_2.

Pentru a încheia, mai trebuie arătat că ecuația (16) nu admite decît o singură soluție reală. În acest scop se face substituția:

$$Z = \alpha X_d \tag{19}$$

și se obține din (16):

$$\alpha^3 - \left(2 - \frac{X_q}{X_d}\right)\alpha^2 + \left(2\frac{X_q}{X_d} - 1\right)\alpha - \frac{X_q}{X_d} = 0. \tag{20}$$

Rădăcinile ecuației (20) pot fi studiate în funcție de raportul X_q/X_d care variază în limite restrînse.

Se face o nouă substituție pentru a scrie ecuația (20) sub forma:

$$\beta^3 + p\beta + q = 0, \tag{21}$$

în care:

$$\beta = \alpha - \frac{1}{3}\left(2 - \frac{X_q}{X_d}\right)$$

$$p = -\frac{1}{3}\left(\frac{X_q^2}{X_d^2} - 10\frac{X_q}{X_d} + 7\right) \tag{22}$$

$$q = \frac{2}{27}\left(\frac{X_q^3}{X_d^3} - 15\frac{X_q^2}{X_d^2} + 21\frac{X_q}{X_d} - 17\right).$$

Calculînd discriminantul:

$$\frac{p^3}{27} + \frac{q^2}{4} = -2\left(\frac{X_q}{X_d}\right)^4 + 28\left(\frac{X_q}{X_d}\right)^3 - 11\left(\frac{X_q}{X_d}\right)^2 + 28\left(\frac{X_q}{X_d}\right) - 2 \tag{23}$$

și egalîndu-l cu zero, se obține o ecuație reciprocă care admite două soluții imaginare și două soluții reale:

$$\left(\frac{X_q}{X_d}\right)_1 = 0{,}055 : \left(\frac{X_q}{X_d}\right)_2 = 13{,}68.$$

Pentru valori ale raportului X_d/X_q cuprinse între rădăcini, discriminantul capătă valori pozitive și, ca urmare, ecuația studiată (16) admite o singură rădăcină reală și două imaginare.

Observație. Dacă mașina este cu poli înecați, ecuația (14) admite două rădăcini egale între ele. Dreapta D_1 devine tangentă la caracteristica externă. Construind tangenta D_1, se poate determina pe această cale reactanța sincronă a mașinii cu poli înecați.

Metoda a II-a se bazează pe observația că pentru o valoare particulară a rezistenței de sarcină R_S și anume:

$$R_s = \frac{V}{I} = X_d - R \tag{24}$$

ecuațiile (7) capătă o formă simplificată:

$$\left.\begin{aligned} I\cos\delta\,(X_d + X_d\,\mathrm{tg}\,\delta) &= V_0 \\ X_d\,\mathrm{tg}\,\delta &= X_q \end{aligned}\right\} \tag{25}$$

din care rezultă:

$$I\frac{X_d + X_q}{\sqrt{1 + \frac{X_q^2}{X_d^2}}} = V_0 \tag{26}$$

sau

$$\frac{\sqrt{X_d^2 + X_q^2}}{X_d + X_q} = \frac{X_d I}{V_0} = \alpha. \tag{27}$$

Reactanța transversală va fi determinată ca o soluție a ecuației obținute din (27):

$$X_q^2 - \frac{2\alpha^2}{1-\alpha^2} X_d X_q + X_d^2 = 0 \tag{28}$$

adică:

$$(X_q)_{1,2} = X_d \frac{\alpha^2 \pm \sqrt{2\alpha^2 - 1}}{1 - \alpha^2}. \tag{29}$$

Deoarece produsul rădăcinilor este egal cu X_d^2, rezultă că una dintre rădăcini va fi mai mare decît X_d, iar alta mai mică. Soluția acceptabilă este aceea pentru care $X_q < X_d$, adică trebuie să se rețină numai una dintre rădăcinile din (29) și anume aceea în care se ia semnul minus în fața radicalului.

Rămîne de demonstrat că ecuația (28) admite întotdeauna soluții reale, adică:

$$\alpha > \frac{1}{\sqrt{2}}. \tag{30}$$

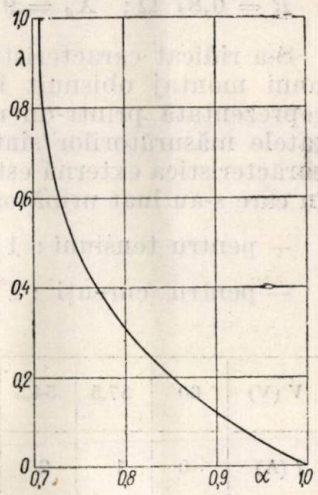


Fig. 3. Grafic pentru determinarea lui $\lambda\left(\lambda = \frac{\alpha^2 - \sqrt{2\alpha^2 - 1}}{1 - \alpha^2}\right)$.

Inegalitatea (30) este evidentă dat fiind că din relația (27) rezultă:

$$\frac{\sqrt{1 + \mathrm{tg}^2\,\delta}}{1 + \mathrm{tg}\,\delta} = \alpha \tag{31}$$

sau:

$$\alpha = \frac{1}{\sin\delta + \cos\delta} \geqslant \frac{1}{\sqrt{2}}. \tag{32}$$

Pentru ușurința calculelor, relația (29) se scrie sub forma:

$$X_q = \lambda\, X_d,$$

în care λ se determină în funcție de α cu ajutorul graficului din fig. 3.

Observație. Dacă mașina este cu poli înecați, relația (27) devine:

$$\frac{1}{\sqrt{2}} V_0 = X_d I = \left(\frac{V}{I} + R\right) I = V + RI.$$

Construind dreapta D_3 de ordonată $\frac{1}{\sqrt{2}} V_0$ se determină punctul $P(V_p, I_p)$ de intersecția cu caracteristica $V + RI$ și se calculează apoi reactanța:

$$X_d = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{V_0}{I_p}.$$

3. Rezultate experimentale

Pentru ilustrarea și verificarea metodelor expuse s-au făcut determinări experimentale pe două mașini sincrone, una cu poli aparenți

de la laboratorul de Mașini electrice al Institutului Politehnic—București și alta cu poli înecați de la Laboratorul Institutului de Energetică al Academiei R.P.R.

Mașina cu poli aparenți are următoarele caracteristici :

$$S_n = 2{,}5 \text{ kW}; \quad V_n = 120 \text{ V}; \quad \cos \varphi = 0{,}7.$$

Parametrii R, X_d, X_q determinați prin metodele clasice au următoarele valori :

$$R = 0{,}87 \ \Omega; \quad X_d = 9{,}6 \ \Omega; \quad X_q = 6{,}3 \ \Omega.$$

S-a ridicat caracteristica externă cu ajutorul unui montaj obișnuit în care sarcina a fost reprezentată printr-un reostat trifazat. Rezultatele măsurătorilor sînt date în tabela 1, iar caracteristica externă este reprezentată în fig. 4, în care s-au luat următoarele scări :

— pentru tensiuni : 1 cm = 10 V

— pentru curenți : 1 cm = 1 A

Tabela 1

V (V)	60	57,5	54,5	50,5	44	34	15
I (A)	0	1	2	3	4	5	6

Construind dreapta D_1 din metoda I, se obține punctul M și se calculează reactanța :

$$X_q = \frac{V_M}{I_M} + R = \frac{29}{5{,}35} + 0{,}87 = 6{,}27 \ \Omega.$$

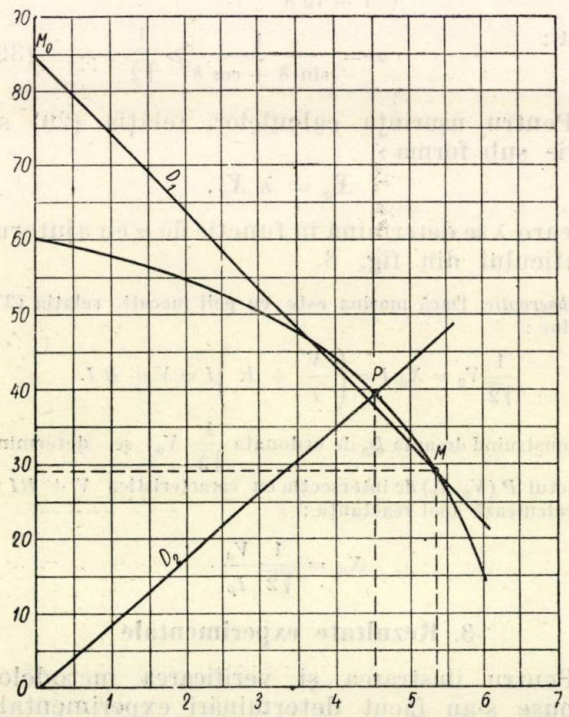


Fig. 4. Caracteristica externă a mașinii cu poli aparenți.

Presupunînd că la determinarea coordonatelor punctului M s-ar face erori de aproximativ

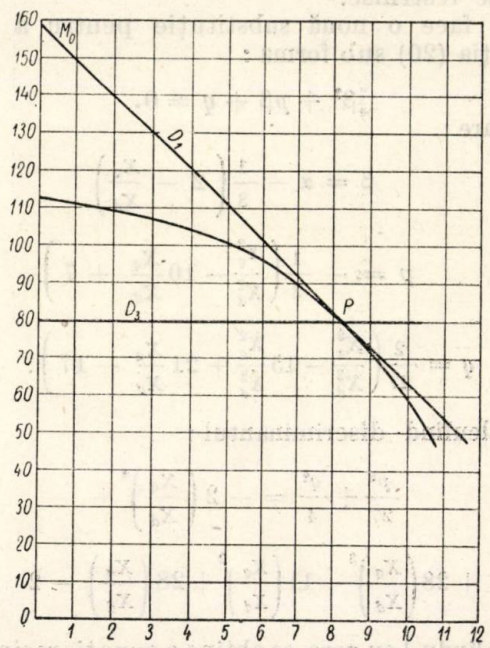


Fig. 5. Caracteristica externă a mașinii cu poli înecați.

un milimetru, atît pentru abscisă cît și pentru ordonată, se obțin valorile :

$$X_{q1} = \frac{29{,}5}{5{,}3} + 0{,}87 = 6{,}45 \ \Omega$$

$$X_{q2} = \frac{28{,}5}{5{,}4} + 0{,}87 = 6{,}15 \ \Omega.$$

Se constată că erorile relative nu depășesc 1,8—2%.

Construind dreapta D_2 din metoda a II-a se obține punctul P (fig. 4) și se calculează :

$$\alpha = \frac{X_d I_p}{V_0} = \frac{9{,}6 \cdot 4{,}52}{60} = 0{,}722$$

$$X_q = 9{,}6 \ \frac{0{,}722^2 - 2.0{,}722^2 - 1}{1 - 0{,}722^2} = 6{,}32 \ \Omega.$$

Se constată o precizie foarte bună la determinarea lui X_q. Aceasta se datorește preciziei cu care se determină coordonatele punctului P în care caracteristica externă se intersectează cu dreapta D_2 la un unghi aproape de 90°.

Mașina cu poli înecați are următoarele caracteristici :

$$P_n = 4{,}5 \text{ kW}; \quad V_n = 220 \text{ V}; \quad \cos \varphi_n = 0{,}8.$$

Parametrii R, X_d determinați prin metodele clasice au următoarele valori :

$$R = 0{,}074 \ \Omega; \quad X_d = 9{,}8 \ \Omega.$$

S-a ridicat caracteristica externă cu ajutorul unui montaj obișnuit în care sarcina a fost reprezentată printr-un reostat trifazat cu lichid.

Rezultatele măsurătorilor sînt date în tabela 2, iar caracteristica externă este reprezentată în fig. 5 în care s-au luat următoarele scări:

– pentru tensiuni: 1 cm = 20 V

– pentru curenți: 1 cm = 2 A.

Tabela 2

V (V)	112	111	109	106	102	99	90	83	70	51
I (A)	0	1	2	3,3	4,6	5,4	6,9	7,8	9,1	10,5

Construind tangenta D_1 din metoda I și dreapta D_2 din metoda a II-a, se obține același punct de intersecție P, deoarece rezistența este neglijabilă. Reactanța se calculează cu ajutorul coordonatelor punctului P:

$$X_d = X_q = \frac{V_p}{I_p} = \frac{79{,}4}{8{,}2} = 9{,}68\,\Omega.$$

Se constată că eroarea relativă nu depășește 2%.

4. Concluzii

Cele două metode prezintă avantajul că utilizează un montaj simplu și nu necesită ca aparate de măsură decît ampermetre și voltmetre. În afară de aceasta, ridicarea caracteristicii externe se face în condiții particulare mai avantajoase față de cazul general, dat fiind că forța electromotoare a generatorului este redusă și la fel sînt reduși și curenții statorici.

Rezultatele obținute cu ajutorul acestor metode sînt într-o bună concordanță cu rezultatele obținute prin alte metode cunoscute.

Prima metodă expusă prezintă avantajul unei construcții grafice deosebit de simple, care conduce la determinarea reactanței transversale ca raportul coordonatelor unui punct de funcționare. Metoda prezintă dezavantajul că determinarea punctului de intersecție dintre dreapta D_1 și caracteristica externă nu se poate face cu suficientă precizie, dat fiind unghiul mic pe care îl fac curbele în punctul de intersecție.

A doua metodă prezintă avantajul că determinarea coordonatelor punctului P se face cu multă precizie, dat fiind că cele două curbe se intersectează sub un unghi de aproape 90°. Metoda prezintă dezavantajul că reactanța transversală nu rezultă simplu ca un raport a două coordonate, ci trebuie să fie calculată cu ajutorul formulei (4). Acest dezavantaj este de mică importanță și el poate fi îndepărtat în parte prin utilizarea graficului din fig. 3.

Ambele metode prezintă dezavantajul că, la determinarea reactanței transversale X_q, este necesar să fie cunoscută reactanța longitudinală X_d. Este posibil să se stabilească o metodă pentru determinarea simultană a reactanțelor X_d și X_q, așa cum se va arăta într-un articol viitor.

Bibliografie

[1] *Kostenko N. P.*: Electriceskie mașini, G. E. I. Moscova—Leningrad, 1949.

[2] *Siromiatnikov I. A.*: Rejimi raboti sinhroniih ghenератorov.

[3] *Nürnberg W.*: Die Prüfung elektrischer Maschinen, Springer 1955, Berlin.

[4] *Powell E. B.*: Étude du comportement des turboalternateurs à vapeur par les méthodes stroboscopiques. C.I.G.R.É. Séssion 1956, Rapport 101.

[5] *Centea O.* și *Novac I.*: Determinarea pe cale experimentală a reactanței sincrone transversale a unei mașini microne, Electrotehnica, **3** (1955), 4, 120—124.

[6] *Potolea E.*: Mașina sincronă cu poli aparenți, element nesimetric al rețelelor electrice, Electrotehnica **6** (1958) 11, 407—116.

Intrat în redacție la 10-IV-1959.

Considerente asupra dimensionării interstiţiului de aer din corpul polilor maşinilor de curent continuu autoexcitate cu caracteristica magnetică specială

I. Novac — Timişoara*

Îmbunătăţirea metodelor de proiectare a maşinilor electrice constituie o preocupare permanentă a inginerilor din ţara noastră, prin aceasta obţinîndu-se avantaje tehnico-economice importante. Pe această linie publicăm lucrarea de faţă, în care sînt expuse o serie de premise noi în legătură cu dimensionarea interstiţiului de aer din polii maşinilor de curent continuu autoexcitate. Exemple de calcul ilustrează formulele deduse de autor.

CZ 621. 313. 223. 1.044.61

1. Introducere

Pentru mărirea stabilităţii funcţionării maşinilor de curent continuu autoexcitate, se impune coborîrea cotului curbei de magnetizare în regiunea excitaţiilor mici. În special la maşinile folosite ca excitatoare, problema obţinerii unei curbe de magnetizare de acest tip prezintă o deosebită importanţă.

Forma curbei de magnetizare este determinată, în principal, de tensiunea magnetomotoare (t.m.m.) corespunzătoare întrefierului şi dinţilor. Curbarea caracteristicii prin saturarea dinţilor este însă limitată din considerente electromagnetice şi mecanice. De aceea, pentru modificarea caracteristicilor magnetice în sensul amintit, în literatură se preconizează practicarea unor interstiţii de aer în corpul polilor principali, ceea ce are ca urmare crearea în fiecare pol a unui aşa-numit „istm" (fig. 1) care se saturează rapid încă de la valori mici ale curentului de excitaţie.

Conform literaturii, interstiţiul de aer se poate executa fie ca în fig. 1[2], [3], fie sub forma unui întrefier pe aproape întreaga suprafaţă a polului (fig. 2), părţile polului separate de

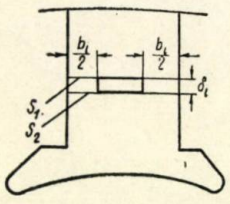


Fig. 1. Pol de maşină de curent continuu prevăzut cu istm.

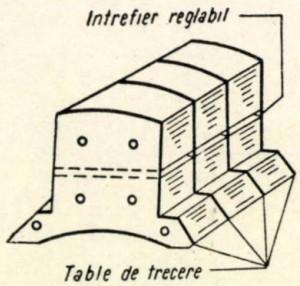


Fig. 2. Pol de maşină de c.c. prevăzut cu întrefier aproape pe întreaga suprafaţă a polului.

întrefier fiind solidarizate prin tole de trecere, care joacă rolul istmului [1].

În privinţa dimensionării acestui istm, indicaţiile din literatură sînt insuficiente. Problema alegerii dimensiunilor interstiţiului de aer practicat în corpul polului (respectiv a determinării dimensiunilor istmului), în funcţie de date impuse, se poate însă soluţiona expeditiv şi cu suficientă exactitate, după cum rezultă din cele ce urmează.

2. Relaţiile de calcul al dimensiunilor istmului

Pentru ca fluxul magnetic să treacă prin porţiunea din circuitul magnetic unde este practicat interstiţiul de aer, maşina trebuie prevăzută, faţă de situaţia în care acest interstiţiu nu ar exista, cu o t.m.m. suplimentară.

Fie F_i valoarea t.m.m. suplimentare pe perechea de poli, aleasă pentru a forţa, la funcţionarea cu tensiunea nominală, trecerea fluxului prin zona circuitului magnetic unde se găseşte istmul. În acest caz dimensiunile istmului urmează să se stabilească astfel încît maşina, prevăzută cu t.m.m. suplimentară respectivă, să aibă o caracteristică magnetică a cărei curbare are loc la o valoare redusă dorită a t.m.m. de excitaţie.

Dacă cotul caracteristicii de magnetizare a maşinii trebuie să aibă loc la o valoare redusă a fluxului $\Phi_e = \alpha\ \Phi_n$ (α fiind un factor subunitar, iar Φ_n fluxul la mers în gol corespunzător tensiunii nominale), acestui flux trebuie să-i corespundă o inducţie în istm $B_{ci} = 1{,}8-2$ Wb/m^2. În această situaţie, la valori ale fluxului $\Phi > \Phi_e$, istmul se saturează şi întreaga zonă unde este practicat interstiţiul poate fi asimilată unui întrefier.

Pentru o primă determinare rapidă a lăţimii b_i a istmului, presupunînd că tot fluxul trece prin istm, rezultă relaţia:

$$S_i \cdot B_{ci} = \alpha \cdot B_p \cdot S_p,$$

unde S_i şi S_p reprezintă secţiunea istmului, respectiv a corpului polului, iar B_p — inducţia în corpul polului la tensiunea nominală.

Ca urmare, lăţimea totală b_i a istmului (fig. 1) poate fi luată:

$$b_i = \alpha \cdot \frac{B_p}{B_{ci}} \cdot b_p, \qquad (1)$$

* Ing. *I. Novac* este şef de lucrări la Institutul Politehnic-Timişoara.

în care b_p este lățimea corpului polului. Înălțimea δ_i a istmului (fig. 1) se poate calcula dacă se cunoaște intensitatea de cîmp magnetic din istm. Repartiția reală a cîmpului în regiunea istmului și în apropierea acestei regiuni este complicată; rezolvarea tehnică a problemei nu este posibilă decît considerînd o configurație simplificată a acestui cîmp. În acest sens, se consideră că suprafețele transversale prin pol care limitează interstițiul de aer, S_1 și S_2 (fig. 1), sînt suprafețe echipotențiale. În acest caz intensitatea de cîmp este aceeași și în aer și în istm și deci:

$$\delta_i = \frac{F_i}{2 \cdot H_i}, \qquad (2)$$

unde H_i este intensitatea cîmpului magnetic în istm. Trebuie observat că, la trecerea fluxului prin porțiunea de circuit magnetic în care este practicat interstițiul de aer, unele linii de cîmp magnetic străbat interstițiul respectiv, altele istmul și parte din ele se închid în exteriorul corpului polului (liniile punctate în fig. 3).

În literatură aceste linii de cîmp nu se iau în considerare, presupunîndu-se că fluxul care se închide în exteriorul polului este neglijabil. În realitate acest flux, la dimensiunile obișnuite ale polilor mașinilor de curent continuu și la lățimi obișnuite ale istmului, are valori care cîteodată nu pot fi neglijate. Între altele, valoarea fluxului Φ_e care se închide prin exteriorul polului depinde și de poziția interstițiului de aer.

În baza acestor observații, intensitatea de cîmp magnetic H_i este bine să se determine ținîndu-se seama de valoarea fluxului Φ_e.

3. Considerente asupra fluxului care se închide în exteriorul polului

a) *Cazul cînd interstițiul de aer este plasat la mijlocul polului.* După cum rezultă din considerentele care urmează, o situație foarte apropiată în ceea ce privește configurația cîmpului în istm și în exteriorul polului se obține dacă se consideră lățimea polului infinită, iar în regiunea istmului un întrefier echivalent de înălțimea:

$$\delta_i' = \frac{\delta_i}{\mu_r}, \qquad (3)$$

jugul statoric și rotorul fiind la o distanță infinită de acest întrefier (μ_r reprezintă permeabilitatea relativă în istm).

La funcționarea cu tensiunea nominală inducția în istm depășește, după cum arată calculele, valoarea de 2,4—2,5 Wb/m², adică istmul este saturat. Pentru o anumită valoare a t.m.m. pe înălțimea istmului saturat, acesta se poate asimila cu un întrefier de înălțime δ_i', conform relației (3).

În ipoteza de mai sus, calculul fluxului Φ_e care se închide prin exteriorul polului se poate face reprezentînd conform pe axa reală a planului complex de variabilă $t = r + j \cdot s$, cu

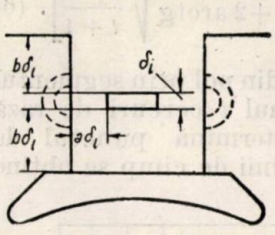


Fig. 3. Configurația cîmpului exterior la un pol prevăzut cu istm.

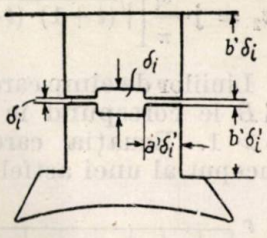


Fig. 3*a*. Echivalarea istmului cu un întrefier echivalent la un pol prevăzut cu interstițiu de aer.

ajutorul teoremei Schwartz — Cristoffel, conturul determinat de marginea polului de înălțime infinită și un întrefier de înălțime δ_i' și de lățime infinită. Poziția interstițiului de aer și a întrefierului echivalent istmului se consideră conform fig. 3*a*.

Alegînd axele *xoy* cu originea în punctul *D* și axa reală după direcția marginii inferioare a întrefierului, conform fig. 4, domeniul care interesează este limitat de segmentele *AB*, *BC*, *CD*, *DE* și un segment la infinit, paralel cu marginea polului și de sens contrar sensului de parcurgere a segmentelor *AB* și *DE*.

Dacă pentru planul *t* se fixează punctele conturului inițial pe axa reală în felul următor: *A* în $r_A = -\infty$, *B* în $r_B = -\alpha$, *C* în $r_C = 0$, *D* în $r_D = \beta$ și *E* în $r_E = +\infty$, aria închisă

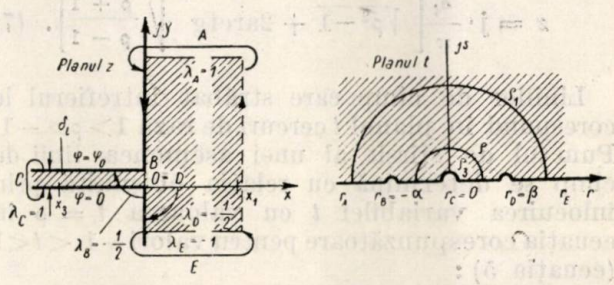


Fig. 4. Reprezentarea conformă a domeniului din planul *z* limitat de segmentele *AB*, *CD*, *DE*, *EA*.

din planul complex *z* se transformă conform în semiplanul superior din planul complex *t* prin funcția de transformare:

$$z = C_1 \int \frac{\sqrt{(t+\alpha)\cdot(\beta - t)}}{t} \cdot dt + C_2. \qquad (4)$$

Observînd că din motive de simetrie $\alpha = \beta = 1$, prin integrare se obține (anexa 1): pentru $1 \leqslant t < 1$:

$$z_1 = \frac{\delta_i'}{\pi}\left[\sqrt{(t+1)\cdot(1-t)} - \ln\frac{\sqrt{1+t}+\sqrt{1-t}}{\sqrt{1+t}-\sqrt{1-t}}\right] \quad (5)$$

pentru $t \leqslant -1$:

$$z_2 = \mathrm{j}\cdot\frac{\delta_i'}{\pi}\left[\sqrt{(t+1)\cdot(t-1)} + 2\,\mathrm{arctg}\sqrt{\frac{t-1}{t+1}}\right]. \quad (6)$$

Liniilor de cîmp care ies din pol prin segmentul AB le corespund în planul t cercuri de rază $\rho > 1$. Ecuația care determină punctul de început al unei astfel de linii de cîmp se obține

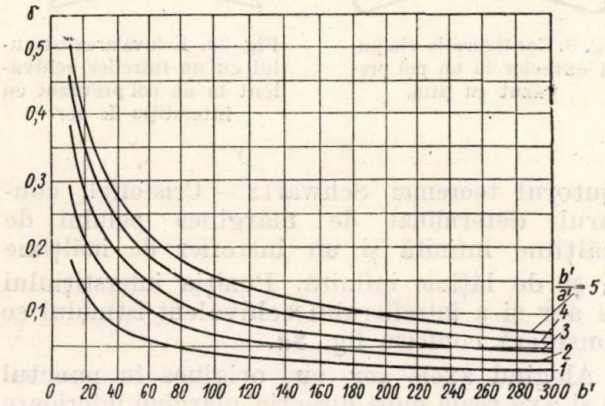


Fig. 5. Familia de curbe $\gamma = f(b')$, pentru diferite valori ale raportului b'/a', corespunzătoare plasării interstițiului de aer la mijlocul polului.

[4] înlocuind în ecuația corespunzătoare valorilor $t < -1$ (ecuația 6) variabila t cu valoarea $t = -\rho$. Deci ecuația care determină începutul unei linii de forță din această grupă este:

$$z = \mathrm{j}\cdot\frac{\delta_i'}{\pi}\left[\sqrt{\rho^2-1} + 2\,\mathrm{arctg}\sqrt{\frac{\rho+1}{\rho-1}}\right]. \quad (7)$$

Liniilor de cîmp care străbat întrefierul le corespund în planul t cercuri de rază $1 > \rho > -1$. Punctul de sfîrșit al unei asemenea linii de cîmp se determină cu relația obișnuită prin înlocuirea variabilei t cu valoarea $t = \rho$ în ecuația corespunzătoare pentru valori $-1 < t < 1$ (ecuația 5):

$$z = \frac{\delta_i'}{\pi}\left[\sqrt{1-\rho^2} - \ln\frac{\sqrt{1+\rho}+\sqrt{1-\rho}}{\sqrt{1+\rho}-\sqrt{1-\rho}}\right]. \quad (8)$$

Dacă se consideră că suprafața echipotențială care limitează superior întrefierul echivalent are potențialul magnetic $\varphi = \varphi_0$, iar suprafața echipotențială care limitează inferior acest întrefier are potențialul magnetic $\varphi = 0$, raportul dintre fluxul Φ_e și suma $\Phi = \Phi_i +$ Φ_e, pentru intervalul $x_1 \ldots x_3$ (fig. 4) se scrie sub forma:

$$\gamma = \frac{\Phi_e}{\Phi} = \frac{\ln\left(\frac{\rho_1}{1}\right)}{\ln\left(\frac{\rho_1}{\rho_3}\right)}, \quad (9)$$

unde indicii se corespund pentru cele două plane. Legătura între coordonatele din planul z și din planul t este dată de relațiile (7) și (8).

În cazul cînd interstițiul de aer se practică la mijlocul corpului polului conform fig. 3, familia de curbe $\gamma = f(b')$, pentru diferite valori ale raportului b'/a', este redată în fig. 5. Curbele au fost ridicate (anexa 2) numai pentru domeniul de valori care rezultă la înălțimi de pol și lățimi ale istmului care intervin în practică.

O analiză mai amănunțită arată că cea mai mare parte a fluxului Φ_e se închide în imediata apropiere a istmului. Astfel, considerînd fluxul din exteriorul polului care se închide pe o înălțime egală cu un sfert din înălțimea polului ($b_1' = b'/4$), raportat la întreg fluxul, adică raportul:

$$\gamma' = \frac{\Phi_e'}{\Phi} = \frac{\ln \rho_1'}{\ln \rho_1 - \ln \rho_3} \quad (10)$$

se observă că procentajul din întreg fluxul Φ_e care se închide pe această înălțime redusă se poate exprima sub forma:

$$\frac{\Phi_e'}{\Phi_e}\cdot 100 = \frac{\gamma'}{\gamma}\cdot 100 = \frac{\ln \rho_1'}{\ln \rho_1}\cdot 100 \quad (11)$$

(ρ_1' este valoarea corespunzătoare lui b_1').

O primă observație este aceea că procentajul din fluxul Φ_e, care se închide pe înălțimea b_1 considerată, nu depinde de raportul dintre distanța de la întrefierul echivalent la jug și lățimea istmului.

Făcînd calculele, pentru dimensiuni obișnuite ale polului și istmului rezultă că, în medie, 75% din fluxul Φ_e se închide în apropierea regiunii în care este practicat interstițiul de aer (anexa 3). Ca urmare, ipoteza că jugul statoric și rotorul se găsesc la distanță infinită de întrefierul care echivalează regiunea cu istm, pe baza căreia s-a determinat Φ_e, este îndreptățită în măsură suficientă. În privința celeilalte ipoteze (istm de lățime infinită), aceasta este de asemenea valabilă, căci inducția în istm este constantă pînă în imediata apropiere a marginii polului, respectiv a marginii interstițiului de aer.

b) *Cazul cînd interstițiul se plasează în partea superioară a polului.* Dacă se consideră interstițiul de aer practicat în partea de contact a polului cu jugul, rezolvarea problemei se obține prin reprezentarea conformă în axa reală a

planului complex de variabilă $t = r + j \cdot s$ a conturului care corespunde acestei situații, în aceleași ipoteze, conform fig. 6.

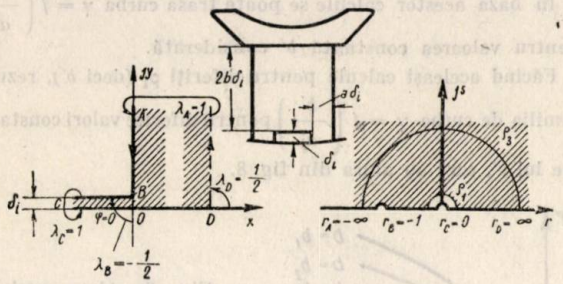


Fig. 6. Reprezentarea conformă a domeniului din planul z limitat de segmentele AB, BC, CD.

Funcția de transformare este :

$$z = C_1 \int \frac{\sqrt{\alpha + t}}{t} \cdot dt + C_2. \qquad (12)$$

Prin integrarea ei se obține :
pentru $1 + t < 0$:

$$z_1 = j \cdot \frac{2\delta_i'}{\pi} \left[\sqrt{-(1+t)} + \operatorname{arcctg} \sqrt{-(1+t)} \right] \qquad (13)$$

pentru $1 + t > 0$:

$$z_2 = \frac{2\delta_i'}{\pi} \left[\sqrt{1+t} + \frac{1}{2} \ln \frac{\sqrt{1+t} - 1}{\sqrt{1+t} + 1} \right]. \qquad (14)$$

Pe baza acestor ecuații, procedînd ca și în cazul precedent, se obține familia de curbe $\gamma = f(b')$ (pentru diferite valori ale raportului b'/a'), prezentată în fig. 7 ; se observă că, la

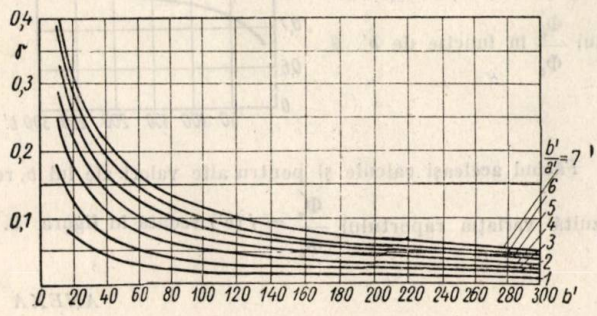


Fig. 7. Familia de curbe $\gamma = f(b')$ pentru diferite valori ale raportului b'/a', corespunzătoare plasării interstițiului de aer lîngă jug.

plasarea interstițiului de aer conform fig. 6, fluxul Φ_e este mai mare decît dacă se practică acest interstițiu la mijlocul polului.

Din aceste considerente rezultă concluzia că, cu cît interstițiul de aer se practică mai aproape de jug, cu atît fluxul care se închide prin exteriorul polului este mai mare și deci istmul se saturează mai puțin. De aceea, plasarea istmului în partea superioară a polului diminuează efectul istmului.

c) *Cazul cînd interstițiul este plasat intermediar, între mijlocul și talpa polului.* Dacă poziția interstițiului este aleasă între mijlocul polului și talpa polară, pentru că majoritatea fluxului Φ_e se închide în regiunea din apropierea istmului, valoarea acestui flux se poate considera practic egală cu aceea din primul caz, respectiv se pot considera valabile curbele din fig. 5. În realitate valoarea exactă a fluxului Φ_e diferă într-o oarecare măsură de aceea rezultată din fig. 5, deoarece în acest caz pozițiile de ieșire, respectiv de intrare în pol, a liniilor cîmpului Φ_e nu mai sînt simetrice în raport cu istmul. Totuși, ținînd seama de faptul că cea mai mare parte a fluxului exterior se închide pe o înălțime redusă a polului și că, pentru valori ale lui b' care vin în considerare, Φ_e variază puțin, erorile care intervin sînt mici.

4. Calculul intensității de cîmp H_i și a fluxului Φ_e

Pornind de la ideea că fluxul din corpul polului este egal cu suma fluxurilor care trec prin interstițiul de aer, istm și prin exteriorul polului, valoarea inducției în interstițiul de aer, la tensiunea nominală, se poate determina cu relația :

$$B_a = \frac{B_p \cdot b_p - \frac{B_i \cdot b_i}{1 - \gamma}}{b_p - b_i} \cdot k_u, \qquad (15)$$

unde B_i este inducția în istm la tensiunea nominală, iar k_u factorul de umplere a tolelor.

Pentru că se consideră că suprafețele care mărginesc interstițiul de aer sînt echipotențiale, intensitatea de cîmp H_a în interstițiul de aer este egală cu intensitatea de cîmp H_i. Cu această observație, relația (15) se poate scrie sub forma :

$$B' = B_i + \mu_0 \cdot K \cdot H_i,$$

unde :

$$B' = B_p \frac{b_p (1 - \gamma)}{b_i}; \quad K = \frac{(b_p - b_i) \cdot (1 - \gamma)}{b_i \cdot k_u}. \qquad (16)$$

Se observă că relația (16) are aceeași formă ca și aceea cu care se determină intensitatea de cîmp și inducția reală în dinții mașinilor electrice. Rezultă că determinarea intensității de cîmp din istm urmează a se face în mod analog cu calculul intensității de cîmp din dinți.

Pentru tolele folosite în mod obișnuit la execuția polilor, curba de magnetizare a materialului, pentru domeniul care interesează (istmul este puternic saturat), se poate exprima totdeauna printr-o relație de forma :

$$B = p + q \cdot H. \qquad (17)$$

Prin înlocuirea lui B_i în relația (16) sub această formă, rezultă că intensitatea de cîmp în istm se poate determina cu relația:

$$H_i = \frac{[b_p \cdot B_p (1-\gamma) - p \cdot b_i] k_u}{\mu_0 (b_p - b_i) \cdot (1-\gamma) + q \cdot b_i \cdot k_u} \quad (18)$$

Valoarea lui γ se determină din fig. 5, ținînd seama de faptul că:

$$b' = \mu_r \cdot b + 0{,}5\ (\mu_r - 1) \quad (19)$$

și

$$a' = \mu_r \cdot a. \quad (20)$$

În general este necesară repetarea calculului, pentru a obține corespondența corectă între H_i, γ și δ_i.

În anexa 4 este redat un exemplu de calcul.

6. Concluzii

Pentru ca istmul din polul unei mașini de curent continuu să conducă, în vederea măririi stabilității în funcționare, la o saturare cît mai puternică a circuitului magnetic al mașinii, interstițiul de aer trebuie să fie practicat la mijlocul corpului polului, sau într-o poziție mai apropiată de talpa polară. Dacă interstițiul de aer se plasează în apropierea jugului, saturația ce se obține este mai redusă.

Dimensionarea istmului se poate face expeditiv și cu suficientă exactitate cu relațiile (1) și (2), în care H_i este dat de relația (18), în acest fel ținîndu-se seama și de valoarea fluxului care se închide în exteriorul polului.

ANEXA 1

Deoarece punctul D din planul z este corespunzător valorii $r = \beta$ în planul t, constanta de integrare $C_2 = 0$.

Cu această observație, prin integrarea ecuației (4), se obține:

$$z_1 = C_1 \left[\sqrt{(t+\alpha)\cdot(\beta - t)} - (\beta - \alpha) \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{\beta - t}{\alpha + t}} - \right.$$

$$\left. - \sqrt{\alpha\beta} \ln \frac{\sqrt{\beta(\alpha+t)} + \sqrt{\alpha(\beta - t)}}{\sqrt{\beta(\alpha+t)} - \sqrt{\alpha(\beta - t)}} \right]$$

dacă $-\alpha \leqslant t \leqslant \beta$

$$z_2 = \frac{C_1}{\mathrm{j}} \left[\pm \sqrt{(t+\alpha)\cdot(t-\beta)} - \right.$$

$$\left. - \frac{\beta - \alpha}{2} \ln \frac{\sqrt{t+\alpha} + \sqrt{t-\beta}}{\sqrt{t+\alpha} - \sqrt{t-\beta}} - 2\sqrt{\alpha\beta} \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{\alpha(t-\beta)}{\beta(t+\alpha)}} \right]$$

dacă $t \geqslant \beta$ (este valabil semnul + în fața radicalului) și $t \leqslant -\alpha$ (este valabil semnul − în fața radicalului).

Observînd că vîrfului $B\,(0{,}\mathrm{j}\,\delta_i')$ din planul z îi corespunde în planul t punctul $r_B = -\alpha$, rezultă:

$$\alpha = \beta = 1, \quad C_1 = \frac{\delta_i'}{\pi}.$$

ANEXA 2

De exemplu pentru $\rho_1 = 190$, din ecuația (7) rezultă:

$$z = \mathrm{j}\frac{\delta_i'}{\pi} \left[\sqrt{190^2 - 1} + 2 \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{191}{189}} \right] =$$

$$= \mathrm{j} \cdot 61 \cdot \delta_i' = \mathrm{j}\,(1 + b') \cdot \delta_i'$$

de unde $b' = 60$ (fig. 3*a*).

Dînd diferite valori lui ρ_3, cu ajutorul ecuației (8) se pot calcula valorile corespunzătoare ale lui a' (fig. 3*a*), iar cu ecuația (9) valorile respective ale lui γ.

În baza acestor calcule se poate trasa curba $\gamma = f\left(\frac{l'}{a'}\right)$ pentru valoarea constantă b' considerată.

Făcînd aceleași calcule pentru diferiți ρ_1 (deci b'), rezultă familia de curbe $\gamma = f\left(\frac{b'}{a'}\right)$ pentru diferite valori constante ale lui b', care au alura din fig. 8.

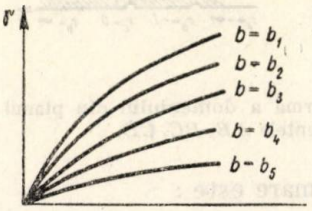


Fig. 8. Alura curbelor $\gamma = f\,(b'/a')$, pentru diferite valori $b' = \text{const.}$

La pag. 51 este redată tabela de calcul pentru ridicarea curbelor $\gamma = f\left(\frac{b'}{a'}\right)$ la diferiți $b' = \text{const.}$

ANEXA 3

Dacă $b' = 60$, $\rho_1 = 190$ (anexa 2 – tabela de calcul), la $b_1' = b'/4 = 15$, din ecuația (7) rezultă $\rho_1' = 48{,}68$. Deci în cazul că distanța de la întrefierul echivalent la jug, respectiv la talpa polară, este $b' \cdot \delta_i' = 60 \cdot \delta_i'$, pe distanța $b_1' \cdot \delta_i' = 15 \cdot \delta_i'$ fluxul care se închide are valoarea:

$$\Phi_e' = \frac{\ln \rho_1'}{\ln \rho_1} \Phi_e = \frac{3{,}885}{5{,}247} \Phi_e = 0{,}741 \cdot \Phi_e.$$

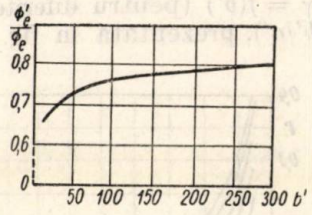


Fig. 9. Variația raportului $\frac{\Phi_e'}{\Phi_e}$ în funcție de b'.

Făcînd aceleași calcule și pentru alte valori ale lui b, rezultă variația raportului $\frac{\Phi_e'}{\Phi_e} = f\,(b')$ redată în figura 9.

ANEXA 4

Se consideră o excitatoare cu înfășurarea de excitație în paralel avînd datele $P_n = 10{,}5$ kW, $U_n = 75$ V, $n_n = 1\,000$ rot/min, tensiunea minimă stabilă impusă 25 V.

Din antecalcul au rezultat:

Inducția normală în pol $B_p = 1{,}34$ Wb/m², lățimea corpului polului $b_p = 70$ mm, înălțimea polului $h_p = 110$ mm.

Polii sînt executați din tole de dinam de marca Ə 1A, a căror curbă de magnetizare pentru domeniul saturat se exprimă prin relația [4]:

$$B = 2{,}04 + 1{,}26.10^{-6}\ H.$$

Coeficientul de umplere a tolelor polului se consideră $k_u = 0{,}98$.

Tabelă de calcul

ρ_1	b'	ρ_3	a'	b'/a'	γ	ρ_1	b'	ρ_3	a'	b'/a'	γ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
945	300	10^{-60}	43,8	6,84	0,0461	190	60	10^{-15}	10,88	5,520	0,1320
		10^{-70}	51,2	5,86	0,0407			10^{-20}	14,58	4,120	0,1020
		10^{-80}	58,5	5,13	0,0360			10^{-30}	21,90	2,740	0,0706
		10^{-100}	73,2	4,10	0,0289			10^{-40}	29,20	2,060	0,0540
		10^{-120}	87,7	3,42	0,0242			10^{-50}	36,60	1,640	0,0435
		10^{-200}	146,5	2,05	0,0144			10^{-100}	73,20	0,820	0,0223
		10^{-300}	220,0	1,36	0,0098			10^{-200}	146,50	0,410	0,0113
		10^{-500}	366,0	0,82	0,0059						
630	200	10^{-40}	29,2	6,85	0,0653	127,1	40	10^{-10}	7,23	5,540	0,1740
		10^{-50}	36,6	5,46	0,0530			10^{-15}	10,88	3,680	0,1232
		10^{-60}	43,8	4,56	0,0446			10^{-20}	14,58	2,740	0,0952
		10^{-70}	51,2	3,91	0,0384			10^{-25}	18,20	2,200	0,0780
		10^{-80}	58,5	3,42	0,0338			10^{-40}	29,20	1,370	0,0500
		10^{-100}	73,2	2,73	0,0272			10^{-80}	58,50	0,684	0,0256
		10^{-120}	87,7	2,28	0,0228			10^{-120}	87,70	0,456	0,0172
316	100	10^{-20}	14,6	6,87	0,1110	32,91	10	10^{-2}	1,37	7,300	0,4320
		10^{-25}	18,2	5,50	0,0910			10^{-3}	2,10	4,760	0,3360
		10^{-30}	21,9	4,56	0,0770			10^{-4}	2,84	3,520	0,2750
		10^{-40}	29,2	3,42	0,0590			10^{-6}	4,30	2,325	0,2020
		10^{-60}	43,8	2,28	0,0400			10^{-10}	7,23	1,380	0,1320
		10^{-100}	73,2	1,37	0,0244			10^{-15}	10,88	0,920	0,0920
		10^{-200}	146,5	0,68	0,0124			10^{-30}	21,90	0,456	0,0481

Stabilindu-se ca cotul caracteristicii de magnetizare să se găsească la tensiunea $U=27$ V şi adoptîndu-se $B_{ci} = 1{,}875$ Wb/m², conform relaţiei (1) rezultă:

$$b_i = \frac{27 \cdot 1{,}34}{75 \cdot 1{,}875} \cdot 7 = 1{,}8 \text{ cm}.$$

Dacă se neglijează pentru început fluxul Φ_e (deci $\gamma = 0$), rezultă:

$$H_i = \frac{(1{,}34.7 - 2{,}04 \cdot 1{,}8) \cdot 0{,}98}{4\pi \cdot 10^{-7}\,(7-1{,}8) + 1{,}26 \cdot 10^{-6} \cdot 1{,}8 \cdot 0{,}98} =$$

$$= 6{,}48 \cdot 10^5 \text{A/m},$$

cu care, la o t.m.m. suplimentară adoptată $F_i = 2\,300$ A se obţine:

$$\delta_i = \frac{2\,300}{2 \cdot 6{,}48 \cdot 10^5} = 1{,}78 \cdot 10^{-3} \text{ m}.$$

În realitate, deoarece $\Phi_e \neq 0$ şi deci $H_i < 6{,}48 \cdot 10^5$ A/m, înălţimea interstiţiului de aer va fi mai mare. Considerînd deci pentru δ_i o valoare mai mare $\delta_i = 2 \cdot 10^{-3}$ m şi practicînd acest interstiţiu la mijlocul polului rezultă:

$$b = \frac{h_p - \delta_i}{2\delta_i} = 27\,; \quad a = \frac{b_i}{2\delta_i} = 4{,}5.$$

Se consideră $\mu_r = 3{,}8$ deci $b' = 3{,}8 \cdot 27 + 0{,}5 \cdot 2{,}8 = 104{,}2$, respectiv $b'/a' = 104{,}2/4{,}5 \cdot 3{,}8 = 6{,}1$. Pentru aceste date (fig. 5), $\gamma = 0{,}098$ şi deci intensitatea de cîmp are valoarea, conform relaţiei (18):

$$H_i = \frac{(1{,}34 \cdot 7 \cdot 0{,}902 - 2{,}04 \cdot 1{,}8) \cdot 0{,}98}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 5{,}2 \cdot 0{,}902 + 1{,}26 \cdot 10^{-6} \cdot 1{,}8 \cdot 0{,}98} =$$

$$= 5{,}79 \cdot 10^5 \text{ A/m},$$

cu care $F_i = 2.\,2.10^{-3} \cdot 5{,}79 \cdot 10^5 = 2\,310$ A.

Corectitudinea dimensiunilor se poate verifica determinînd valoarea lui F_i cu relaţia:

$$F_i = \frac{2}{\mu_0} B_a \cdot \delta_i$$

pentru $H_i = 5{,}79.10^5$ A/m rezultă $B_i \cong 2{,}04 + 1{,}26 \cdot 5{,}79 \cdot 10^5 \cdot 10^{-3} = 2{,}769$ Wb/m² şi deci, conform (15):

$$B_a = \frac{1{,}34 \cdot 7 - \dfrac{2{,}769}{0{,}902} \cdot 1{,}8}{7 - 1{,}8} 0{,}98 = 0{,}725 \text{ Wb/m}^2.$$

Cu aceasta

$$F_i = \frac{2 \cdot 0{,}725 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{4\pi \cdot 10^{-7}} = 2\,308 \text{ A}.$$

Valoarea permeabilităţii relative este:

$$\mu_r = \frac{B}{B - 2{,}04} = \frac{2{,}769}{0{,}729} = 3{,}8$$

deci valorile lui b' cu care s-a determinat γ sînt corecte.

Bibliografie

[1] *Piotrovski L. M.*: Maşini electrice, Edit. Energetică de Stat, Bucureşti, 1953.

[2] *** Manualul Inginerului Electrician, vol II, Edit. Tehnică, Bucureşti, 1954.

[3] *Frey K.*: Anwendung der konformen Abbildungen zur praktische Probleme des Elektromaschinenbaues. Arbeiten aus dem Elecktrotehnischen Institut der Badischen Tehnischen Hochschule, Karlsruhe. Band IV 1920—1924.

[4] *Postnikov I.M.*: Proiectarea maşinilor electrice, Edit. Energetică de Stat, Bucureşti, 1953, 475.

[5] *Vinogradov* şi alţii: Proiectarea maşinilor electrice, Edit. Energetică de Stat, Bucureşti, 1913.

[6] *R. Richter*: Maşini electrice, vol. I Editura Tehnică, Bucureşti, 1958.

Intrat în redacţie la 28—IV—1959.

Transformator pentru sudură manuală cu arc electric TASM—300

S. Stoleru — Bucureşti *

Sudura electrică a devenit un procedeu tehnologic modern, fără de care construcţia de maşini este greu de conceput în stadiul actual al tehnicii. Ea necesită un utilaj electrotehnic corespunzător, care se fabrică şi în ţara noastră. Autorul prezintă un transformator pentru sudură manuală cu arc electric realizat în întreprinderea „Electrotehnica".

CZ 621.314.211:621.791.735

Fabricaţia transformatoarelor de sudură la noi în ţară rămăsese oarecum în urmă, faţă de alte produse electrotehnice a căror modernizare devenise o realitate.

La noi în ţară căpătaseră o oarecare răspîndire cîteva tipuri de transformatoare de sudură, majoritatea executate după licenţă străină şi care s-au dovedit mai tîrziu că nu au corespuns aşteptărilor. Unele din ele erau depăşite încă de la început, iar cu timpul toate deveneau învechite şi nu mai corespundeau noilor standarde. De asemenea aceste transformatoare aveau unele dispoziţii constructive care nu erau dintre cele mai bune. Astfel, la aceste transformatoare, unele regiuni ale miezurilor din vecinătatea şuntului se încălzeau excesiv. Încercările constructorilor de a menţine parametrii electrici ridicaţi au dus la supradimensionarea secţiunilor de cupru, la întărirea izolaţiei transformatoarelor utilizînd materiale de clasă superioară, ceea ce avea ca rezultat creşterea consumului specific de materiale active şi a greutăţii totale a aparatului şi deci a costului produsului. O altă deficienţă a acestor aparate era gama redusă de reglare a curentului de sudură care de asemenea nu se mai încadra în prevederile noilor standarde (reglaj în raportul 1 : 4 faţă de curentul nominal). Încercările de a mări această gamă au dus la prescrierea unui între-

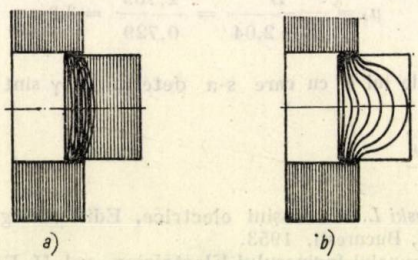


Fig. 1.

a – şuntul magnetic la transformatoarele de tip vechi; *b* – şuntul magnetic la noul transformator.

fier foarte mic, de ordinul a 0,5 mm între şuntul magnetic şi miezul principal, ceea ce constituia o dificultate tehnologică.

În cele ce urmează se descriu măsurile principale care au fost luate şi care au dus la asimilarea în întreprinderea „Electrotehnica" din Bucureşti a unui tip de transformator de sudură cu şunt magnetic mobil cu caracteristici net superioare.

Una dintre cele mai eficace măsuri o constituie modificarea repartiţiei pe secţiunea şuntului magnetic a fluxului principal de dispersie al transformatorului, în poziţiile intermediare ale şuntului magnetic.

Să observăm repartizarea liniilor de forţă magnetice în şunt. În caz că tolele pachetului şunt sînt dispuse în acelaşi plan cu tolele miezului magnetic principal al transformatorului (fig. 1 *a*), atunci liniile de forţă din şunt vor străbate în primul rînd tolele situate în porţiunea introdusă. Ele vor căuta să treacă şi prin tolele învecinate, dar în calea lor vor găsi spaţii de izolaţie (lac de izolare, hîrtie, aer), situate la intervale de circa 0,37 mm (în cazul tolei EIVA de 0,35 mm grosime), adînci de aproximativ 0,02 mm, dar numeroase (28—29/cm). Pătrunderea fluxului în mod nefericit perpendicular pe tole ducea şi la apariţia curenţilor în tole care se opuneau şi ei la difuzarea fluxului într-un mod mai uniform în şunt. În această situaţie, porţiunea de şunt magnetic rămasă în afară nu participă aproape de loc la conducerea fluxului principal de dispersie al transformatorului, aceste spaţii succesive şi contracurenţii arătaţi constituind un obstacol important pentru fluxul magnetic. Fluxurile în joc dau deci inducţii relativ mari, care vor încălzi porţiunea străbătută. Situaţia devine şi mai nefavorabilă din cauza faptului că aceste spaţii izolante numeroase constituie un obstacol şi pentru disiparea căldurii în masa metalică a şuntului. Astfel, regiunea considerată devine un focar de supraîncălziri, cu valori ce au fost înregistrate cu ajutorul termocuplelor pînă la 160—170° C (peste mediul ambiant). Încercările au fost efectuate pe un transformator de tipul BMAS la o frecvenţă de 60 Hz, la platforma de încercări a întreprinderii „Klement Gottwald" din Bucureşti, în toamna anului 1958.

Aceste încălziri au afectat prin iradiere şi izolaţia principală a bobinelor, înregistrîndu-se, cu ocazia altor probe, încălziri ale acestora din urmă de 92°C, deşi densitatea de curent de care erau străbătute nu depăşea 0,8 A/mm², fapt

* Ing. *S. Stoleru* este inginer la fabrica „Electrotehnica" din Bucureşti.

care făcea insuficientă chiar clasa de izolație B (azbest și mică) a transformatorului.

Aceasta era situația tuturor transformatoarelor de această construcție, BMAS, Super, Unifa. Lucrurile se petrec cu totul altfel în cazul ilustrat în fig. 1 *b*, cînd tolele pachetului

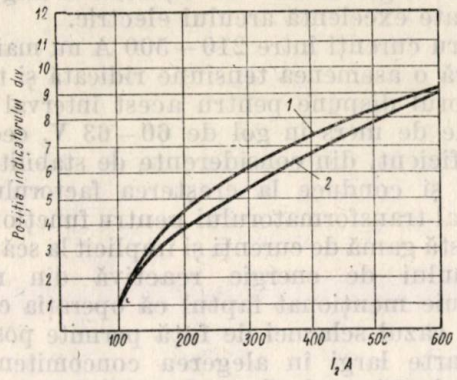


Fig. 2. Diferențele pe scara indicatorului dintre șunturile fig. 1*a* curba 1 și fig. 1*b* curba 2.

șunt sînt așezate într-un plan perpendicular pe planul miezului magnetic principal. Se vede că, pentru aceeași poziție a șuntului față de miez ca în fig. 1 *a*, la conducerea fluxului magnetic prin șunt participă toate tolele acestuia în mod aproximativ egal, cu aproape toată secțiunea lor. Nu mai există strangulări masive, ca în cazul precedent, ci acestea sînt limitate la regiunea întrefierului. Spațiile izolante dintre tole sînt paralele cu liniile de forță magnetice. Fluxul parcurge secțiuni mult mai mari, deci cu inducții și pierderi incomparabil mai mici. De asemenea, transmisia căldurii către părțile exterioare ale șuntului, unde ventilația este mai activă, se face în principal pe baza conductibilității tolei și nu a spațiilor izolante dintre ele. Evident că fluxul magnetic nu se va repartiza uniform pe secțiunea transversală a tolei, iar lungimea liniilor de forță va fi cu atît mai mare cu cît acestea se depărtează de miez, în planul tolei șuntului. De asemenea, efectul de reglare datorit poziției relative a șuntului față de miezul principal, va fi diferit în cele două cazuri tratate, pentru o aceeași poziție relativă. În fig. 2 s-a arătat diferența pe scara indicatorului dintre șuntul tip vechi după sistemul fig. 1 *a* și șuntul după noul sistem fig. 1 *b*. Este ușor de văzut că diferențele în scara reglajului sînt neînsemnate, iar la capetele scalei coincidența dintre cele două sisteme este aproape perfectă.

Pentru a pune în evidență diferențele de încălzire între aceste două sisteme s-au făcut încercări succesive, pe același transformator de tip BMAS, cu două pachete mobile diferite. Încălzirile locale au dispărut aproape cu desăvîrșire în cazul al doilea, înregistrîndu-se încălziri de ordinul a 44°C la partea dintre interior a pachetului șunt, față de 160°C în cazul precedent și 39°C la partea dinspre exterior, față de 49°C.

O altă măsură, de asemenea foarte eficace, a constituit-o adoptarea unei scheme electrice ce reprezintă combinația dintre un transformator cu dispersie normală și o bobină de reactanță, ambele dispuse pe același miez magnetic. S-a folosit schema de principiu elaborată de către Academia de Științe a Republicii Sovietice Socialiste Ucrainiene, în urma cercetărilor efectuate sub conducerea academicianului V. P. Nikitin.

În fig. 3 *a* și 3 *b* este reprezentată schema electrică a transformatorului TASM—300 asimilat la întreprinderea Electrotehnica, București pe baza celor de mai sus.

La transformatorul TASM—300, pe una din coloane (I) se află înfășurarea primară dispusă în trei straturi cilindrice cu canale de răcire la miez și între straturi. Deasupra ei se află o înfășurare denumită înfășurare secundară principală, alcătuită din două secțiuni. Spirele acestei înfășurări se află strîns cuplate magnetic cu înfășurarea primară. Acest ansamblu reprezintă un transformator cu dispersie normală. Pe cealaltă coloană este dispusă înfășurarea secundară reactivă, ale cărei spire sînt relativ slab cuplate magnetic cu înfășurarea primară, găsindu-se pe coloane diferite. Datorită acestei dispoziții, la mersul în gol al transformatorului atît spirele secundare de pe coloana I

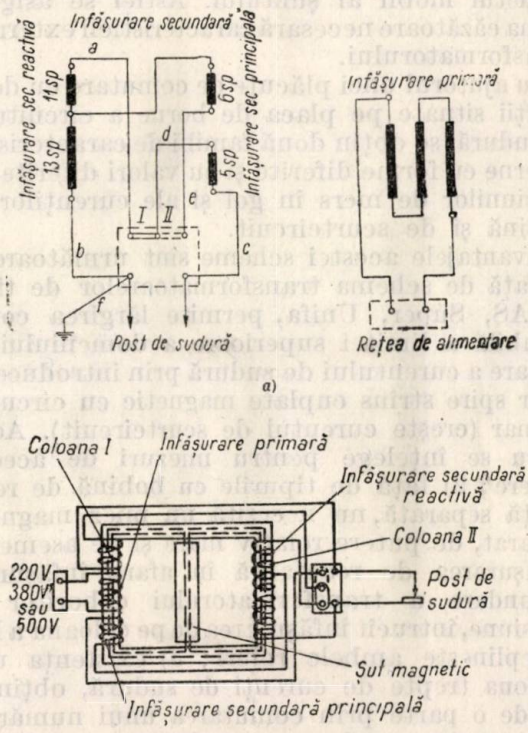


Fig. 3*a* și 3*b*. Schema de legături a bobinajelor transformatorului TASM — 300.

cît și cele de pe coloana a II-a, înseriate în fază cu primele, participă la formarea tensiunii secundare de mers în gol a transformatorului, întrucît fluxul magnetic produs de înfășurarea

primară trece aproape numai prin miezul magnetic principal, pachetul mobil fiind străbătut numai de o mică parte a acestui flux. În fig. 4 s-a arătat abaterea tensiunii secundare la mers în gol, de la valoarea rezultată din raportul de transformare, abatere variabilă cu

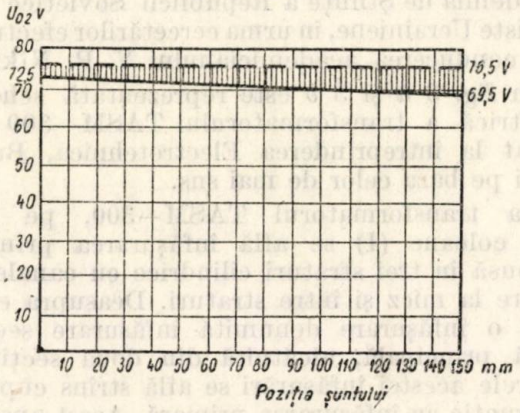


Fig. 4. Pierdere de tensiune secundară la mers în gol datorit șuntului.

poziția șuntului. Se vede că această abatere este relativ mică. La mersul în sarcină, înfășurarea de pe coloana a II-a joacă rolul unei bobine de reactanță prin fluxul său puternic de dispersie care se închide în cea mai mare parte prin pachetul mobil al șuntului. Astfel se asigură forma căzătoare necesară caracteristicii externe a transformatorului.

Cu ajutorul unei plăcuțe de comutare cu două poziții situate pe placa de borne a circuitului de sudură, se obțin două familii de caracteristici externe cu forme diferite și cu valori diferite ale tensiunilor de mers în gol și ale curenților de sarcină și de scurtcircuit.

Avantajele acestei scheme sînt următoarele: 1) față de schema transformatoarelor de tipul BMAS, Super, Unifa, permite lărgirea considerabilă a limitei superioare a domeniului de reglare a curentului de sudură prin introducerea unor spire strîns cuplate magnetic cu circuitul primar (crește curentul de scurtcircuit). Acest lucru se înțelege pentru miezuri de aceeași putere; 2) față de tipurile cu bobină de reactanță separată, nu necesită un miez magnetic separat, de putere relativ mare și de asemenea înfășurarea de reactanță în afara înfășurării secundare a transformatorului coborîtor de tensiune, întrucît înfășurarea de pe coloana a II-a îndeplinește ambele roluri; 3) existența unei a doua trepte de curenți de sudură, obținută pe de o parte prin comutarea unui număr de spire strîns cuplate cu înfășurarea primară, de pe coloana I pe coloana a II-a, iar pe de altă parte prin schimbarea concomitentă a numărului total de spire pe circuitul secundar, permite atît coborîrea simțitoare a limitei inferioare a domeniului de reglare și deci lărgirea întregului interval de reglare, cît și asigurarea tensiunii necesare de mers în gol pentru obținerea stabilității de ardere a arcului pe toată gama curenților de sudură ai transformatorului. Astfel, pentru curenții de sudură relativ mici, intervalul 75—230 A, transformatorul funcționează cu o tensiune secundară de mers în gol de 70—74 V, ceea ce asigură o stabilitate excelentă arcului electric.

Pentru curenți între 210—500 A nu mai este necesară o asemenea tensiune ridicată și transformatorul dispune pentru acest interval de o tensiune de mers în gol de 60—63 V, ceea ce este suficient, din considerente de stabilitate a arcului și conduce la creșterea factorului de putere al transformatorului pentru funcționarea în această gamă de curenți și implicit la scăderea consumului de energie reactivă din rețea.

Trebuie menționat faptul că operația comutării în cazul schemei de față permite posibilități foarte largi în alegerea concomitentă și independentă a valorilor celor mai convenabile, atît pentru tensiunea secundară de mers în gol, cît și pentru curenții de scurtcircuit. Acest lucru nu este valabil în cazul transformatoarelor vechi.

O altă caracteristică a noii construcții o constituie utilizarea spațiilor largi de răcire sub forma canalelor de ventilație între straturile bobinelor și chiar între spirele bobinelor circuitului secundar executat din bară de conductor blanc. Aceasta a permis alegerea unor valori ridicate, atît pentru densitatea de curent, cît și pentru inducție în miezul magnetic. În tabela 1 se dau comparativ valorile densităților de curent în circuitele primare și secundare și încălzirile înregistrate în înfășurări în cazul transformatoarelor BMAS și TASM—300.

Tabela 1

Denumirea	Unitatea de măsură	BMAS	TASM—300
Densitatea de curent pe bobina primară	A/mm²	0,8	1,55
Încălziri înregistrate	°C	92	62
Densitatea de curent pe bobina secundară	A/mm²	1	2,65
Încălziri înregistrate	°C	64	52

Acestea au constituit principalele măsuri constructive care au condus la asimilarea unui transformator de sudură cu caracteristici de funcționare foarte avantajoase și în același timp cu o utilizare intensivă a materialelor active, care a dus la o importantă reducere a prețului de cost.

O problemă importantă la acest tip de transformator o constituie fluxurile puternice de dispersie, care se închid prin spațiul înconjurător. Acestea împiedică folosirea pieselor de strîngere sau a altor detalii masive din materiale feroase,

întrucît ele se încălzesc foarte mult. Încercările de a folosi fierul cornier pentru strîngerea jugurilor miezului nu au reuşit, temperaturile înregistrate depăşind limitele admise de standardele noastre. În cazul adoptării valorilor admise în standardele sovietice, s-ar putea eventual folosi tabla subţire şi bolţuri de strîngere de oţel. De aceea pentru piesele din imediata vecinătate a transformatorului propriu-zis se folosesc materiale nemagnetice ca: pertinax, silumin sau bronz, textolit, alamă. Astfel, plăcile de strîngere a jugurilor sînt de pertinax, ele servind în acelaşi timp şi pentru prinderea transformatorului pe căruciorul mobil.

Armătura pentru ghidarea în fereastra miezului a şuntului magnetic mobil cuprinde două bare de ghidare rotunde, calibrate, de alamă, pe suporţi de textolit consolidaţi pe juguri cu ajutorul unor piese turnate din silumin. Şuntul magnetic este constituit din două pachete de tole dreptunghiulare, strînse la partea centrală pe o piesă turnată din silumin, care serveşte şi drept piuliţă pentru acţionarea şuntului iar la extremităţi pe cîte o piesă de textolit, servind în acelaşi timp şi pentru ghidare, în care scop sînt prelucrate cu o freză de profil în formă de semicerc. Strîngerea se face cu bolţuri de alamă. Acţionarea şuntului se face cu un ax filetat cu filet trapezoidal cu trei începuturi, confecţionat de asemenea din alamă.

Carcasa transformatorului este construită din oţel cornier şi tablă subţire. La alegerea soluţiei a trebuit să se ţină seama de necesitatea îndepărtării pe cît posibil de transformator a elementelor ei aflate în lungul liniilor de forţă magnetice ale fluxului de dispersie, acestea încălzindu-se mult mai mult decît piesele traversate lateral de acest flux. De asemenea, carcasa este executată în formă de spiră deschisă, cu capetele de îmbinare izolate, pentru a împiedica formarea curenţilor electrici de circulaţie în carcasă, datoriţi fluxului de dispersie. Alegerea punctelor de secţionare s-a făcut experimental, obţinîndu-se tensiuni induse maxime în valoare de 1,2 V în două plane orizontale, constituite din rama superioară a carcasei, situată deasupra jugului superior şi rama căruciorului mobil de sub jugul inferior al miezului transformatorului.

Alte particularităţi constructive constituie execuţia bobinelor. Înfăşurarea de înaltă tensiune din bară de cupru izolat cu două straturi de bumbac cuprinde între cele trei straturi ale sale canale de răcire realizate cu ajutorul unor distanţori din lemn de fag impregnat cu lac de bachelită şi polimerizat. În fereastra miezului canalele dintre straturi lipsesc, în scopul folosirii raţionale a spaţiului. Înfăşurarea secundară este bobinată de asemenea pe distanţori de lemn cu secţiune trapezoidală, purtînd tacheţi din preşpan pentru asigurarea spaţiilor necesare dintre spire. Trebuie menţionat faptul că rolul izolaţiei este îndeplinit de către benzi din preşpan impregnat, situate sub distanţori, astfel încît lemnul poate fi considerat că îndeplineşte numai funcţia de suport mecanic. Această dispoziţie măreşte considerabil rezistenţa de izolaţie a înfăşurărilor şi rigiditatea dielectrică a izolaţiei, aceasta suportînd sigur tensiuni de încercare cu mult peste 5 000 V (faţă de $2\ U_{nom} + 1\,000$ V prevăzute de majoritatea standardelor străine) şi prezentînd valori foarte ridicate pentru rezistenţa în stare uscată [3, 4, 5]. Bobinele gata confecţionate sînt supuse impregnării în lac de bachelită cu polimerizare la cuptor. Transformatorul asamblat cu bobine se acoperă integral prin cufundare în lac de acoperire C 44 (462) rezistent la umiditate. Cu ocazia probelor de omologare s-au înregistrat valori ale rezistenţei de izolaţie de 15—50 megohmi după o şedere de circa 40 ore în higrostat, într-un mediu cu umiditate relativă de 95—99%. De menţionat că STAS 2689—51 admite valoarea minimă de 0,2 megohmi după o şedere de 24 ore într-un mediu cu umiditate relativă de 90% [6].

Trebuie relevate cîteva aspecte tehnologice ale fabricaţiei de serie a acestui transformator. Astfel, se remarcă faptul că chiar de la proiectarea diverselor elemente constructive ale aparatului s-a ţinut seama în mod special ca în nici o fază a procesului de fabricaţie să nu intervină procese tehnologice complicate care ar fi dus la limitarea capacităţii de producţie a fabricii. Precizia ridicată, necesară în executarea şi asamblarea cîtorva elemente, este asigurată în special prin dotarea cu un număr relativ redus dar totuşi suficient de dispozitive şi şabloane care, pe lîngă precizie şi omogenitate, asigură şi o productivitate corespunzătoare. De exemplu, execuţia bobinajelor a ridicat la început probleme serioase. Construirea unui dispozitiv special, din aluminiu, prevăzut cu piese de ghidare pentru aşezarea corectă şi uniformă a spirelor, cu lăcaşe pentru aşezarea distanţorilor, cu asamblare şi demontare uşoară, adaptat la o maşină universală de bobinat bare, a rezolvat cu succes problema.

Miezul magnetic principal este constituit din tole de tablă silicioasă de 0,35 mm grosime, prevăzute cu găuri pentru bolţurile de fixare executate excentric, pentru a asigura împachetarea pe aceeaşi parte a acestora. Aceasta, împreună cu utilizarea unui şablon calibrat, permite obţinerea preciziei necesare a cotei dintre feţele interioare ale jugurilor între care se deplasează şuntul magnetic. Acest procedeu nu mai reclamă o precizie deosebită la tăierea la ghilotină a tolelor. Pe de altă parte, uniformitatea întrefierului se obţine şi prin utilizarea unei matriţe-bloc pentru stanţarea tolei şuntului magnetic şi a unui dispozitiv de asamblare a acestuia. Operaţia cea mai delicată, montarea sistemului de ghidare a şuntului în fereastra miezului magnetic, se execută de asemenea cu

ajutorul unui dispozitiv calibrat, precis. Tolele se izolează prin lăcuire şi uscare, operaţiile executîndu-se mecanizat la un cuptor-tunel cu bandă transportoare şi încălzire electrică.

Datorită în special utilizării acestor cîtorva dispozitive-cheie, menţionate mai sus, volumul operaţiilor de reglaj este redus la minimum pe de o parte, iar pe de altă parte se asigură o plajă restrînsă a abaterilor parametrilor electrici ai transformatoarelor la exemplarele din cadrul seriei, faţă de parametrii întregistraţi pe capul de serie. Astfel, omogeneitatea producţiei, în ce priveşte caracteristicile, este superioară celei uzuale în practica mondială a construcţiei

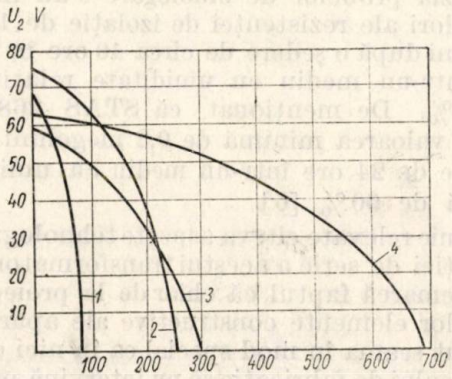


Fig. 5. Caracteristicile externe $U_2 = f(I_2)$:

1 – treapta I şunt introdus complet: *2* – treapta I şunt scos complet: *3* – treapta II şunt introdus complet: *4* – treapta II şunt scos complet.

transformatoarelor de sudură, înregistrîndu-se abateri mult mai mici decît cele admise de majoritatea standardelor străine (1,5% la tensiunea secundară de mers în gol faţă de 8% admise de NFA–85 şi 3 – 5% la curenţii maximi şi minimi de sudură faţă de 7,5–15% admise de standardele GOST 95–51, NFA–85, STAS 2 689–51) [3, 4, 6].

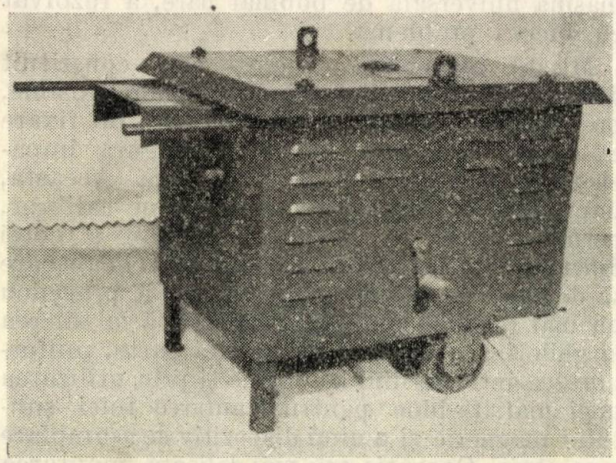


Fig. 6. Transformatorul tip TASM–300 fabricat de întreprinderea Electrotehnica-Bucureşti, fără carcasă.

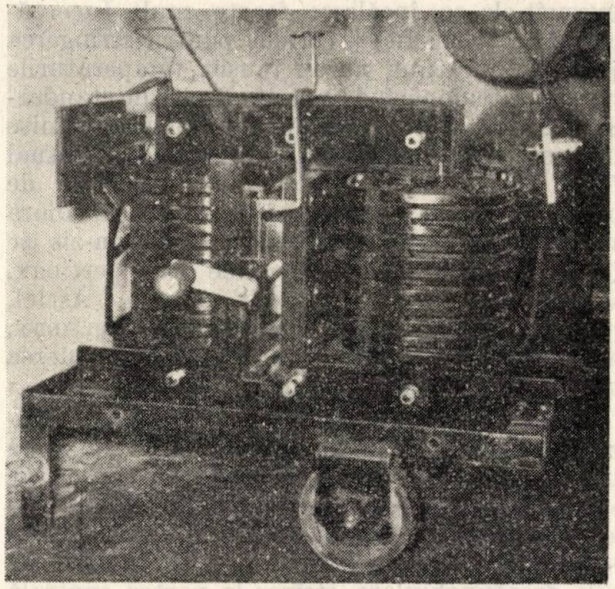


Fig. 7. Transformatorul tip TASM–300 înainte de livrare.

În tabela 2 sînt date caracteristicile principale ale transformatorului TASM–300, iar în

Tabela 2

Caracteristici	Valori
Tensiune de alimentare	220, 380 sau 500 V
Tensiune secundară de mers în gol	Treapta I...70–74 V Treapta II...60–63 V
Putere nominală utilă	18,5 kVA (9,6 kW)
Putere nominală consumată	19,4 kVA (11,1 kW)
Regim de lucru nominal	$D_A = 60\%$
Curent primar nominal la $U_1 = 220/380/500$ V	89/51/39 A
Curent de sudură nominal	300 A
Tensiune de lucru în regim nominal	32 V
Curent de mers în gol la $U_1 = 220/380/500$ V	7/4,1/3,1 A
Domeniu de reglare a curentului de sudură	Treapta I... 75–230 A Treapta II...210–480 A
Curentul maxim de sudură*	480 A/39 V 500 A/35 V 550 A/30 V
Randament	0,86
Factor de putere	0,56
Greutate totală	215 kg

* Transformatorul a fost etalonat folosind pentru tensiunea de lucru o funcţie continuă de curentul de sudură după formula $U_2 = 20 + 0{,}04\, I_2$, V folosind recomandările ISO TC 44/163 F. După Stas 2689-51 tensiunea de lucru pentru acest curent ar fi 35 V, iar după GOST 95–51, 30 V.

fig. 5 sînt reprezentate caracteristicile externe. Transformatorul TASM—300 se execută în construcție protejată împotriva căderii stropilor de apă pe direcții înclinate pînă la 45° față de verticală, ceea ce îl face apt pentru utilizarea în condițiile grele de pe șantierele de construcții. De asemenea poate fi manevrat ușor, datorită greutății sale relativ reduse.

În figurile 6 și 7 este reprezentat transformatorul TASM—300.

Calitățile electrice superioare, prețul de cost redus, greutatea redusă, mobilitatea mare și aspectul elegant vor face ca noul transformator să aibă o mare răspîndire.

Bibliografie

[1] *Nikitin V. P.* : Osnovî teorii transformatorov i ghenieratorov dlia dugovoi svarki, Izdatelstvo Akademii Nauk S.S.S.R. Moscova, 1956.
[2] *Blümberg L.S.* și *Alekin L.E.* : Novie svarocinîe transformatorîreguliatorî, Promîșlennaia energhetika (1951) 11.
[3] *GOST 95—51* : Transformatori de sudură prin arc, Ediție revăzută (cu modificări introduse în standard) sept. 1959.
[4] *Norme française* A 85 : Matériel de soudage électrique à l'arc et à l'hydrogène atomique.
[5] *VDE 0541/1.47* : Regeln für Lichtbogentransformatoren.
[6] *STAS 2689-51* : Transformatoare de sudură prin arc electric pînă la 500 A.

Intrat în redacție la 16 — X — 1959.

Considerații cu privire la unele fenomene din electricitatea atmosferică

Șt. Grosu — Craiova*

Fenomenele electromagnetice din atmosferă sînt încă insuficient studiate, în prezent existînd încă o serie de probleme neclarificate cum sînt : originea cîmpului electric terestru, separarea sarcinilor în atmosferă, apariția supratensiunilor atmosferice, producerea descărcărilor etc. Autorul face o prezentare sintetică a ipotezelor mai plauzibile admise în știință, făcînd cîteva ipoteze noi în legătură cu anumite fenomene, ca producerea supratensiunilor etc. La sfîrșit sînt semnalate unele posibilități de utilizare practică a electricității atmosferice.

621.3 : 551.594.1/2

1. Generalități

Fenomenele electrice din atmosferă s-au impus atenției omului, încă din cele mai vechi timpuri. Necesitatea de a le explica a condus la o serie de ipoteze și teorii [1], dintre care cele mai vechi sînt dinaintea erei noastre. În secolul al XVIII-lea, Lomonosov și Franklin au pus bazele concepțiilor moderne, cu privire la acestea. Fenomenele electrice din atmosferă au grăbit în mod simțitor apariția electricității ca știință și, în felul acesta, progresul civilizației. Ele sînt de asemenea de mare actualitate, deoarece depășesc cu mult, prin amploarea lor, tot ce se poate face în momentul de față, în cele mai mari laboratoare de înaltă tensiune. După unele teorii moderne, descărcările atmosferice au contribuit la apariția vieții pe pămînt. Pentru electrotehnică și energetică, sînt de asemenea importante, deoarece sînt cauza directă sau indirectă a solicitărilor celor mai grele pe care trebuie să le suporte liniile și aparatele electrice, anume undele de impuls. Cu toate eforturile în vederea explicării cît mai complete a acestor fenomene, din cauza complexității lor, din cauza accesibilității lor reduse, din cauză că în experiențele de laborator, deci la o scară mai mică, nu se produc toate elementele caracteristice scării naturale, în explicarea lor există încă, cu toate progresele din ultimul timp, o serie de necunoscute, de teorii contradictorii sau șubrede. În cele ce urmează se vor expune cîteva ipoteze și argumentele aduse de autor în sprijinul acestora, privind unele fenomene din electricitatea atmosferică.

2. Punerea problemei

Pentru încadrarea acestor fenomene, vom arăta mai întîi pe scurt, care sînt principalele probleme și teorii în legătură cu electricitatea atmosferică, accentuînd aspectele legate de obiectivele propuse. Pe scurt, principalele probleme sînt : *1*) care este originea și care sînt caracteristicile cîmpului electric terestru ; *2*) cum apar sarcinile electrice libere în atmosferă ; *3*) cum se produce separarea sarcinilor în grupe de polarități diferite (cum se produc depozitele de sarcini) ; *4*) cum apar supratensiunile ; *5*) cum se produc descărcările electrice ; *6*) ce consecințe și ce fenomene anexe apar în legătură cu aceste descărcări [5] [6].

1. *Care este originea și care sînt caracteristicile cîmpului electric terestru.* Vom trece asupra primei părți a problemei, ca neavînd legături directe cu preocupările noastre. Semnalăm că există un cîmp electric terestru, corespunzător încărcării pămîntului cu o sarcină negativă.

* Ing. *Ștefan Grosu* este inginer proiectant la sectorul Transformatoare al I. I. S. Electroputere — Craiova.

Acest cîmp, a cărui valoare variază în funcție de mulți factori este, pe timp frumos, de la cîteva zeci, pînă la cîteva sute de volți pe metru. În timpul furtunilor, valoarea aceasta poate crește, ajungînd în preajma producerii trăsnetului, la aproximativ 10 000 V/m [2].

2. *Cum apar sarcinile electrice libere în atmosferă.* Separarea sarcinilor electrice în atmosferă se realizează în mai multe moduri. Dacă pe timp frumos, separarea sarcinilor, deci ionizarea atmosferei, se face aproape exclusiv prin radiații (în special α, β, γ, produse de substanțele radioactive din scoarța pămîntului, și cosmice) [3], [4], în nori, în timp de furtună, separarea sarcinilor se face prin mecanisme mai complexe, după cum urmează :

a) „Curenții de aer din interiorul norului produc pulverizarea picăturilor, conform efectului Lénard, fragmentele rezultate se electrizează pozitiv, iar aerul înconjurător negativ (C. S. Simson, 1909)" [2]. *b*) „Sub acțiunea cîmpului electric terestru normal, picăturile capătă sarcini negative la partea superioară și pozitive la cea inferioară. În căderea lor, picăturile colectează ionii negativi și resping pe cei pozitivi (C.T.R. Wilson 1929). Un fenomen analog este produs și de cristalele de gheață, care suferă o polarizare dielectrică (I. A. Chalmers 1947). Sarcinile colectate de picături și cristale sînt de același ordin de mărime ca și în cazul precedent. El se produce fără îndoială în nori. Dar probabil că nu este nici singurul, nici cel mai important care duce la separarea sarcinilor " [2]. *c*) „Considerații de ordin teoretic și experimental arată că, pe picăturile sau particulele solide de apă în echilibru electric, se dezvoltă o sarcină pozitivă, dacă picătura este în evaporare, și negativă, dacă este în curs de condensare. Acestor sarcini le corespund în aerul înconjurător sarcini egale și de sens contrar" [2]. *d*) „Sondajele în nor arată că separarea sarcinilor s-ar produce în zonele în care coexistă faza lichidă și cea solidă. Se presupune că, prin frecare între ele, cristalele de gheață se electrizează negativ, iar aerul pozitiv" [2]. *e*) „Cercetările teoretice și experimentale asupra diferențelor de potențial dintre faza lichidă și cea solidă a apei, în contact, arată că orice schimbare de fază este întovărășită de fenomene de electrizare. Recent s-a descoperit un foarte activ proces de separare a sarcinilor : înghețarea apei care conține foarte mici cantități de săruri". *f*) „Particulele lichide și solide ale norului constituie un aerosol și, prin urmare, pot fi tratate ca atare. În memoriul său, apărut în 1944, I. I. Frenkel presupune că ionii negativi din spațiul norului se fixează pe picături și cristale, ionii pozitivi rămînînd în aer. Se consideră în general că, dintre toate explicațiile propuse, cea a lui Frenkel se impune prin simplitate. Dar nici celelalte explicații nu trebuie înlăturate. În majoritatea cazurilor ele descriu procese care se produc în nor, cu efecte de o importanță mai mare sau mai mică, după caz" [2]. Trebuie precizat că, în același timp, în nor și în jurul acestuia există și ioni formați prin ionizarea obișnuită (prin radiații) și deci și electroni liberi. Aceștia din urmă își pierd însă repede libertatea, fixîndu-se pe molecule sau grupuri moleculare.

3. *Cum se produce separarea sarcinilor, în grupe de polarități diferite* (cum se produc depozitele de sarcini). Se remarcă din cele arătate în aliniatul precedent că, în majoritatea cazurilor, sarcinile avînd o anumită polaritate sînt fixate pe particule relativ grele, iar sarcinile de cealaltă polaritate rămîn în aer. În acest caz este clar că separarea sarcinilor pe grupe se poate face pe baza acestei diferențieri, sarcinile fixate de particule grele căzînd din cauza gravitației, celelalte rămînînd pe loc sau urcîndu-se din cauza curenților ascensionali. Astfel, în cazul teoriei lui Frenkel, se arată că „separarea sarcinilor este un efect al gravitației ; picăturile de apă și cristale încărcate negativ cad, lăsînd aerul electrizat pozitiv. Căderea particulelor în raport cu aerul încetează în momentul cînd se stabilește un echilibru între forțele electrice și forța de gravitație. Începînd din acest moment, cele două depozite de sarcini, pozitive și negative, sînt pe deplin dezvoltate : la baza norului sarcini negative, în părțile superioare sarcini pozitive, iar între acestea, o zonă în care sarcinile pozitive compensează pe cele negative" [2].

4. *Cum apar supratensiunile (atmosferice).* Prin supratensiuni înțelegem tensiunile mărite (în raport cu tensiunile provocate prin separarea sarcinilor în depozite), care apar ca urmare a diferitelor mecanisme naturale și care conduc la intensificarea fenomenelor de electricitate atmosferică. Problema apariției acestor supratensiuni, deși reală, nu este în general studiată. Tocmai în legătură cu aceasta, se vor face în acest articol, în aliniatul 3, o serie de considerații și de precizări.

5. *Cum se produc descărcările.* Descărcările sub formă de fulgere sau de trăsnete se produc după mecanisme destul de complicate, încă insuficient precizate. Este interesant de observat că, prin sondaje, s-au măsurat în nori cîmpuri electrice de ordinul 100 V/cm, deși descărcările în aerul conținînd picături de apă, încep la aproximativ 10 000 V/cm. Este probabil că se produc intensificări locale ale cîmpului, de la care pornesc descărcările, dar care nu au fost verificate prin sondaje. Este de asemenea posibil ca la scara descărcărilor electrice atmosferice (la tensiuni de ordinul 10^9 V și lungimi de ordinul kilometrilor) să apară fenomene noi, specifice, încă neînregistrate în laborator. Descărcarea este, în general, constituită dintr-o descărcare inițială, pregătitoare, numită lider,

și una principală, care se pare că este foarte asemănătoare cu scînteia de laborator. Trăsnetele sînt constituite din succesiuni de descărcări. Durata unei descărcări este de ordinul zecilor de μs. Trăsnetele transportă, în majoritatea cazurilor, electricitate negativă. Intensitatea maximă înregistrată pînă azi la un trăsnet este de 220 kA. În majoritatea cazurilor, intentatea nu depășește 10 kA. Se presupune că energia unui trăsnet poate ajunge pînă la 10^{10} Jouli, ceea ce este o valoare destul de mare. Se remarcă, că furtunile de căldură sînt relativ puțin intense și dau loc mai cu seamă la descărcări între nori. În schimb, furtunile ciclonice, mult mai violente, sînt întovărășite de numeroase descărcări între nori și sol [2].

6. *Ce consecințe și ce fenomene anexe apar odată cu descărcările.* În legătură cu descărcările, în afară de lumină și tunet, mai apar o serie de efecte : chimice, termice, apar radiații ultraviolete, cîmpuri electromagnetice variabile, care au un termen radiant și supratensiuni în liniile electrice. Uneori apar fenomene anexe, cum ar fi trăsnetul globular, trăsnetul în mătănii etc. Cîmpul electromagnetic radiant este cauza existenței paraziților atmosferici, atît de dăunători în radiofonie. Lungimile de undă ale acestor perturbații se întind pe o gamă întinsă, concentrația fiind maximă în domeniul undelor lungi. Supratensiunile pe liniile electrice apar mai rar prin trăsnete directe căzute pe liniile electrice aeriene de înaltă tensiune și, de cele mai multe ori, indirect prin inducție electrostatică, în aceste linii. Supratensiunile se propagă pe aceste linii cu viteze apropiate de viteza luminii, sub forma unor unde, cu fruntea abruptă, numite unde de impuls, care sînt destul de bine cunoscute electrotehnicienilor, din care cauză nu mai insistăm asupra lor. Cu privire la trăsnetul globular, vom reveni în mod special în aliniatul 4.

3. Cum apar supratensiunile

Vom arăta în acest aliniat că, în afară de tensiunile produse prin separarea sarcinilor în grupe de polarități diferite, conform mecanismelor de la 2.3, mai apar tensiuni superioare, pe care le vom numi supratensiuni, care se realizează pe baza unor mecanisme specifice și care contribuie la intensificarea fenomenelor electrice din atmosferă. Aceste mecanisme, după cum se va vedea, au o asemănare destul de accentuată, cu cele folosite în laboratoarele de înaltă tensiune, tot pentru producerea trăsnetului la o scară redusă. Ne referim aici la aparatele folosite pentru producerea undelor de impuls, necesare încercărilor și studiilor transformatoarelor și aparatelor de înaltă tensiune. Principial, supratensiunile se pot obține prin următoarele fenomene fizice : prin variația bruscă a unui flux de inducție magnetică într-o bobină cu număr mare de spire și prin încărcarea unui condensator la o tensiune redusă și ulterior prin micșorarea capacității lui. Ne vom ocupa numai de cel de-al doilea fenomen, care prezintă interes în cazul de față. Conform relației :

$$U = \frac{Q}{C}$$

dacă se încarcă un condensator cu sarcina Q, și păstrînd sarcina constantă, se micșorează capacitatea C, rezultă între plăcile condensatorului o tensiune mărită față de cea anterioară, deci o supratensiune, conform relației :

$$U' = U\frac{C}{C'},$$

unde U' reprezintă supratensiunea ; U — tensiunea ; C — capacitatea în stadiul inițial ; C' — în cel final. Într-o variantă (a), acest lucru se poate obține încărcînd un condensator plan, cu o tensiune dată, și deplasînd una din plăci într-o direcție perpendiculară pe planul plăcilor (fig. 1 a). În altă variantă (b), plăcile se pot deplasa una față de cealaltă, printr-o translație, deci fără mărirea distanței (fig. 1 b). În altă variantă (c), mai multe condensatoare se pot încărca fiind legate în paralel și, ulterior, să fie legate în serie. Această operație se poate face automat, printr-un montaj conținînd, în afară de condensatoare, rezistențe și eclatoare, cunoscut în genere sub numele de Arcadeev-Marx. În fig. 2 este arătat un element al unui astfel de

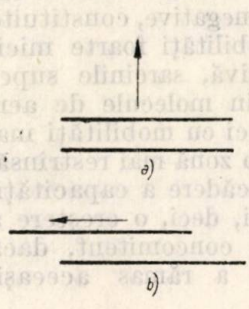


Fig. 1

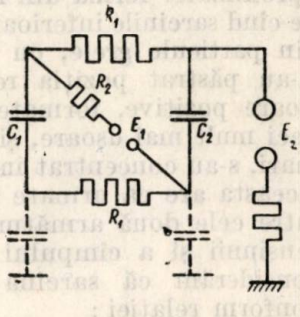


Fig. 2

montaj. În prima variantă (a), odată cu creșterea distanței dintre plăci, și deci cu scăderea capacității, se produce și o creștere a energiei electrice, ca urmare a lucrului mecanic făcut pentru învingerea forțelor de atracție dintre plăci. Acest mecanism este inclus de fapt în fenomenele electrice atmosferice, în legătură cu separarea sarcinilor pe grupe de polarități diferite, conform aliniatului 2.3 și, după definiția noastră, este un mecanism de producere a tensiunilor. După una din teorii, forțele care produc deplasarea sarcinilor și, deci, în mod echivalent, a plăcilor, sînt cele ale gravitației (Frenkel) ; după altă teorie, deplasarea o face

componenta verticală a curenților de aer (curenți ascensionali). Între acest din urmă caz și un anumit sistem de mașină Van de Graaf (folosind curenți de aer pentru antrenarea sarcinilor), există o analogie destul de strînsă. Nu ne vom ocupa de acest caz, considerîndu-l studiat. Să considerăm cazul variantei (*b*). Să presupunem un nor, conform fig. 3 *a*, la care s-a

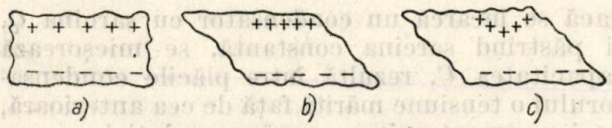


Fig. 3

produs separarea sarcinilor, conform variantei (*a*). Vom considera norul echivalent cu un condensator plan, ceea ce corespunde necesităților noastre de schematizare a problemei și, într-o anumită măsură, realității. Vom putea vorbi, în acest caz, de o tensiune între cele două grupe de sarcini, egală cu U. Să presupunem, și lucrul este destul de probabil, că există un gradient al componentei orizontale a vitezei curenților de aer, în funcție de înălțime. Dacă, conform fig. 3, indicele x reprezintă direcția orizontală y pe cea verticală, acest gradient va fi exprimat prin :

$$\frac{\partial V_x}{\partial y},$$

unde V reprezintă viteza. Ca urmare a existenței acestui gradient, norul se va deforma, luînd aproximativ forma din fig. 3 *b*. Se remarcă că, pe cînd sarcinile inferioare, negative, constituite din particule grele, cu mobilități foarte mici, și-au păstrat poziția relativă, sarcinile superioare pozitive, formate din molecule de aer, deci mult mai ușoare, și deci cu mobilități mai mari, s-au concentrat într-o zonă mai restrînsă. Aceasta are ca urmare o scădere a capacității între cele două armături și, deci, o creștere a tensiunii și a cîmpului și, concomitent, dacă considerăm că sarcina Q a rămas aceeași, conform relației :

$$W = \frac{1}{2} Q \cdot U,$$

rezultă și o creștere a energiei pe seama lucrului mecanic al componentelor orizontale ale vitezei curenților de aer. În realitate, fenomenul nu se oprește aici. Ca urmare a creșterii tensiunii și a cîmpului, echilibrul dintre forțele de atracție între sarcini și forțele de gravitație va înceta, iar sarcinile vor începe să se apropie una de alta. Sarcinile se vor deplasa neuniform, aproximativ ca în fig. 3 *c*, avînd în vedere că, din cauza restrîngerii zonei superioare ocupate de sarcini, apar neuniformități mai accentuate de cîmp. În acest caz rezultă că apar concentrări de cîmp și o probabilitate mărită de producere a descărcărilor, deci probabilitatea mărită a apariției fulgerelor în interiorul norului. Lucrurile se petrec așa cum s-a arătat, atîta vreme cît gradienții de viteze $\frac{\partial V_x}{\partial y}$ nu sînt prea mari. Astfel, ținînd seama de mobilitatea ionilor pozitivi, va trebui ca :

$$\frac{\partial V_x}{\partial y} (y_2 - y_1) \leqslant M \cdot E_x, \qquad (1)$$

unde : E_x este componenta pe axa x a cîmpului electric, y_1 și y_2 sînt înălțimile medii ale depozitelor de sarcini, iar M este mobilitatea ionilor. Relația (1) este aproximativă. În cazul considerat, cînd primul membru al ecuației (1) este mai mare decît al doilea, se va produce o îndepărtare și o separare accentuată a sarcinilor pozitive de cele negative și, deci, deși energia va crește, descărcarea în nor, și deci fulgerul, în interiorul aceluiași nor nu se va mai produce. În schimb, prin separarea sarcinilor, crește probabilitatea producerii trăsnetelor sau a fulgerelor între doi nori. O analiză mai atentă arată că, pentru producerea fulgerelor într-un nor, este necesar ca $\frac{\partial V_x}{\partial y}$ să nu treacă sub o valoare limită inferioară, întrucît în astfel de cazuri, efectul arătat se diluează prin fenomene secundare. Experimental se constată că fulgerele, în interiorul unui nor, sînt puțin frecvente.

Un alt mecanism de apariție a supratensiunilor, datorit tot gradienților în funcție de înălțime a componentelor orizontale, a curenților de aer, este apropierea între doi nori, de înălțimi diferite (fig. 4). În acest caz devine probabilă descărcarea arătată în fig. 4. Se remarcă că în acest caz va apărea o supratensiune între sarcinile pozitive și cele negative rămase în sistemul format din cei doi nori, iar mecanismul de producere a acesteia este asemănător cu cel al sistemului Arkadeev-Marx (fig. 2). Spațiul

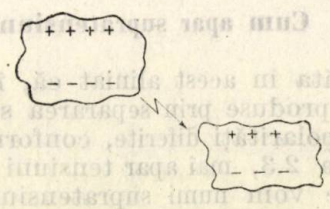


Fig. 4

de străpungere este echivalent cu spațiul dintre eclatoarele de străpungere. Se remarcă în acest caz că nu se produce o creștere a energiei, tot așa după cum se întîmplă și în laborator, întrucît aici se produce, concomitent cu scăderea capacității, și o micșorare a cantității sarcinilor separate. (Din cauza descărcării, se produce, de fapt, chiar o scădere a energiei.) Scăderea capacității se face în măsură mai mare decît scăderea cantității sarcinilor, așa că rezultă o supratensiune.

În concluzie, considerăm că modul de apariție a supratensiunilor, schimburile de energie care se fac în legătură cu acestea, analogia în această privință cu aparatele de laborator, este necesar să fie studiate în continuare, constituind un mijloc de clarificare a unora din fenomenele electricității atmosferice.

4. Trăsnetul globular

Este cunoscută apariția acestui fenomen rar și curios. Descrierea lui variază după autori. Probabil că și formele lui de apariție sînt diferite. Dintr-o descriere rezultă că „are forma unui glob luminos... și care, lovindu-se de obstacole, sare îndărăt, întocmai ca o minge. Globul dispare subit, cu sau fără explozie. Se pare că diametrul lui nu depășește cîțiva centimetri. După E. Mathias, trăsnetul globular ar fi format dintr-un compus endotermic, care, sub acțiunea unei descărcări, ia naștere din unele gaze existente în aer" [3]. Din altă descriere rezultă că trăsnetul globular, dacă atinge corpuri metalice, le poate topi.

Trecînd asupra explicațiilor pe care le cunoaștem și care ni se par nesatisfăcătoare, vom încerca să facem cîteva ipoteze cu privire la acest fenomen, pe baza observațiilor existente. Fiind de formă sferică și elastic, se poate presupune că masa lui este în stare gazoasă și sub presiune. Faptul că topește corpurile metalice, dat fiind capacitatea termică redusă a gazelor, urmează că temperatura lui trebuie să fie extrem de ridicată sau — cel puțin — în momentul dispariției stării de echilibru, ca urmare a contactului cu un corp, să apară o temperatură extrem de ridicată. În aceste condiții și dată fiind originea lui, ca o consecință a trăsnetului propriu-zis, rezultă că putem presupune că gazele care formează trăsnetul globular sînt puternic ionizate, fiind într-o stare de plasmă sau apropiată. După cît se pare, starea de plasmă a trăsnetului globular este azi recunoscută. Se pune întrebarea care sînt forțele care țin această masă de plasmă și-i dau forma sferică. Este posibil ca aceste forțe să fie de origine magnetică și sarcinile electrice să fie închise într-o capcană magnetică. Cîmpul magnetic poate rezulta din însăși mișcarea particulelor încărcate electric din plasmă, pe traiectorii circulare, sensul de rotație fiind diferit la polarități diferite. Inițial mișcarea pe aceste traiectorii și odată cu aceasta o separare a sarcinilor după greutăți, pe baza forței centrifuge, pot rezulta din cauza trăsnetului propriu-zis, în imediata apropiere a căruia întîlnim cel puțin calitativ, elementele pe care le întîlnim la betatron: un cîmp magnetic puternic, o variație rapidă a acestui cîmp și ioni care pot fi accelerați. Cîmpul magnetic, într-un punct apropiat de traiectoria descărcării, depinde de distanța pînă la această traiectorie și de intensitatea curentului. Se știe că diametrul canalului de descărcare este foarte mic (de ordinul milimetrilor), iar intensitatea de ordinul zecilor și chiar sutelor de kiloamperi. În aceste condiții, la o distanță mică de canalul de descărcare, intensitatea cîmpului magnetic poate deveni foarte mare. Variația acestui cîmp este foarte rapidă. În perioada crescătoare, trecerea de la valoarea 0 la valoarea maximă se face în timpi de ordinul microsecundelor. Spațiul, dintr-un punct apropiat de canal, este ionizat, fie din cauza ionilor proveniți din canal, fie din cauza fotonilor care însoțesc descărcarea, fie din cauza unor cîmpuri electrice, rotaționale, care apar ca urmare a variației rapide a cîmpului magnetic.

Pentru ipotezele de mai sus, nu sîntem în măsură să stabilim relații cantitative și condiții de stabilitate. Urmează ca ulterior să revenim asupra acestei probleme.

5. Aplicațiile practice ale electricității atmosferice

Probabil că prima aplicație practică a electricității atmosferice, care datează din preistorie și care a fost sezisată în mitologie, este aprinderea în mod accidental a unui foc. Energia trăsnetelor, deși importantă, se pare că va fi mai greu de folosit, date fiind caracterul statistic al descărcărilor și tensiunile foarte ridicate.

O aplicare de viitor, care se întrevede, este folosirea descărcărilor atmosferice, pentru favorizarea producerii ploii. Se are în vedere favorizarea producerii fulgerelor, prin formarea de trasee ionizate cu ajutorul rachetelor purtătoare de elemente radioactive [7], iar ionizarea suplimentară și de masă, produsă de fulger, să constituie un factor de favorizare a condensării. În stadiul actual al tehnicii, o rachetă care să meargă la înălțimea norilor, cu izotopi radioactivi, este relativ ușor de realizat. Ținînd seama de acest fapt, ne putem gîndi și la un sistem de producere prematură a descărcărilor în nori, între sarcinile electrice acumulate, deci de producere a fulgerelor și evitare a trăsnetelor, cu scopul micșorării undelor de impuls, care se induc pe liniile de înaltă tensiune. Cu alte cuvinte, la un sistem de „descărcătoare" chiar în nori. Aceasta în regiunile cu trăsnete frecvente și puternice. Deși realizarea acestui sistem este practic posibilă, ne exprimăm rezerve față de eficacitatea lui, în raport cu sistemele de protecție existente și în curs de perfecționare. Acest procedeu ar putea să aducă contribuții la sporirea cunoștințelor cu privire la modul de producere a descărcărilor atmosferice.

6. Concluzii

În rîndurile de față s-a prezentat o serie de fenomene, teorii, ipoteze, propuneri, dintre care unele ale autorului. Gradul de nesiguranță în

legătură cu argumentarea unora dintre acestea este datorit, într-o bună măsură, caracterului special pe care l-am semnalat la început, al fenomenelor electrice din atmosferă. După cum rezultă din cele expuse, mai există teorii și ipoteze, datînd de zeci de ani, nici confirmate, nici infirmate, în mod satisfăcător. Adîncirea cunoștințelor cu privire la fenomenele electricității atmosferice poate fi de folos oamenilor de știință și tehnicienilor din alte domenii de specialitate. Marele laborator natural, care este atmosfera globului terestru, ne prezintă aspecte care pot modifica concepții mai vechi și sugera idei noi. Pentru electrotehnician, care în multe cazuri este în luptă cu undele de impuls, prezintă interes să cunoască modul de generare, chiar de la origine, a acestor mari adversari ai izolației mașinilor și aparatelor electrice.

Bibliografie

[1] *Sirotinski L. I.* : Tehnica tensiunilor înalte, Vol. I. Editura Energetică de Stat, 1954.

[2] *Herovanu M.* : Electricitatea atmosferică, Editura Tehnică, 1956.

[3] *Kapțov A. N.* : Fenomene electrice în gaze și vid, Editura Tehnică, 1955.

[4] *Bădărău E.* : Fizica descărcărilor în gaze, Editura Academiei R.P.R., 1957.

[5] *Norinder N.* : Lighting Research in W. O. Schumann und H. Prinz : Fortschritte der Hochspannungstechnik. Akademische Verl.-Gess. Leipzig, 1954, p. 255—303.

[6] *Striegel R.* : Elektrische Stossfestigkeit. Zweite Auflage. Springer-Verlag. Berlin/Göttingen/Heidelberg, 1955.

[7] *Mărăcineanu Șt.* : Fenomene radioactive și ploaia artificială. Ac. Șt. București 1939.

Intrat în redacție la 28-IV-1959.

Note

Observații referitoare la determinarea expresiilor erorilor transformatoarelor de curent necompensat

CZ 621.314.224.3 : 621.317.312.088.22

Expresiile erorilor transformatorului de curent — a erorii de curent și a erorii de unghi — se deduc în literatura de specialitate [1], [2], [3], [4] pe baza diagramei vectoriale, care reflectă principalele relații de legătură între mărimile care intervin în funcționarea transformatorului. Există însă posibilitatea — după cum se prezintă mai jos — de a găsi direct din aceste relații expresiile erorilor, dacă relațiile se scriu sub formă complexă. Avînd în vedere că erorile se definesc prin raportul curentului de eroare (curentul din ramura transversală a schemei echivalente) către curentul secundar, adică prin valoarea relativă a curentului de eroare, este indicat să se efectueze calculele cu mărimi relative. Astfel sînt necesare cîteva definiții pentru acestea, însă deducerile se prezintă sub o formă deosebit de simplă și de clară. Fără nici o complicație suplimentară se obțin împreună cu expresiile clasice ale erorilor (relațiile lui Goldstein) și expresiile găsite recent de Lénard [1] pe o cale diferită și mai puțin simplă. Prezentăm deci metoda complexă pentru stabilirea expresiilor erorilor, pentru simplitatea, claritatea și caracterul ei unitar.

Notații și definiții. Fie două mărimi (în general complexe) $\underline{A}$ și $\underline{B}$ între care există o legătură de forma : $\underline{A} = \underline{k}\underline{B}$. Dacă alegem două mărimi de bază A_b și B_b (mărimile de bază poartă indicele b), astfel încît $A_b = kB_b$, atunci între mărimile relative, notate cu asterisc : $\underline{A}^* = \frac{\underline{A}}{A_b}$ și $\underline{B}^* = \frac{\underline{B}}{B_b}$ va exista relația de egalitate $\underline{A}^* = \underline{B}^*$. Dacă $\underline{A} = \underline{B} \cdot \underline{C}$ și $A_b = B_b \cdot C_b$, atunci $\underline{A}^* = \underline{B}^* \cdot \underline{C}^*$ $\left(\text{unde } \underline{C}^* = \frac{\underline{C}}{C_b}\right)$. Prin urmare relațiile între mărimile relative sînt analoge, respectiv mai simple, decît relațiile între mărimile absolute.

Alegem ca mărimi de bază :

I_{1n} — curentul nominal, primar (pentru curenți din primarul transformatorului) ;

I_{2n} — curentul nominal secundar (pentru curenți din secundar) ;

P_n — puterea nominală ;

$U_{1n} = \frac{P_n}{I_{1n}}$ — tensiunea nominală primară ;

$U_{2n} = \frac{P_n}{I_{2n}}$ — tensiunea nominală secundară ;

$Z_{1n} = \frac{P_n}{I_{1n}^2}$ — sarcina nominală primară ;

$Z_{2n} = \frac{P_n}{I_{2n}^2}$ — sarcina nominală secundară ;

$\Phi_b = \frac{\sqrt{2}U_{1n}}{\omega N_1}$ — fluxul de bază (valoare de amplitudine) ; N_1 — numărul de spire primare (adesea $N_1 = 1$), $\omega = 2\pi f$;

S_b — secțiunea medie netă a miezului feromagnetic ;

l_b — lungimea medie a miezului feromagnetic ;

$B_b = \frac{\Phi_b}{S_b}$ — inducția de bază (valoare de amplitudine) ;

$H_b = \frac{I_{1n}N_1}{l_b}$ — intensitatea de bază a cîmpului magnetic (valoare efectivă) ;

$\mu_b = \frac{B_b}{H_b}$ — permeabilitatea de bază ;

$\nu_b = \frac{1}{\mu_b}$ — inversul permeabilității de bază.

Relațiile de mai sus între diferitele mărimi sînt valabile în sistemul MKSA (rațională).

După cum am arătat, dacă între mărimile absolute există relații de proporționalitate, mărimile relative corespunzătoare vor fi egale. Rezultă astfel următoarele relații de egalitate :

$$\mathrm{j}\,\underline{U_e^*} = \underline{\Phi^*} = \underline{B^*},$$

$$\underline{I_0^*} = \underline{H^*},$$

$$\underline{Y_{tr}^*} = \underline{\nu^*},$$

unde :

$\underline{U_e}$ reprezintă — o tensiune indusă ;

$\underline{I_0}$ — curentul de magnetizare (egal cu cel de eroare în lipsa unei corecții de spire) ;

$\underline{Y_{tr}}$ — admitanța unei bobine a transformatorului de curent.

În cele ce urmează vom nota cu :

$\underline{Z} = Z\,e^{\mathrm{j}\varphi} = R + \mathrm{j}X$ — impedanța secundară totală (exterioară și interioară) ;

$\underline{I_2}$ — curentul secundar ;

$\underline{\nu} = \frac{\underline{H}}{\underline{B}} = \nu e^{\mathrm{j}\psi} = \nu_m + \mathrm{j}\nu_f$ — valoarea reciprocă a permeabilității complexe, ν_m corespunzînd curentului de magnetizare iar ν_f curentului de pierderi în fier ;

$\underline{\gamma} = \frac{\underline{I_0}}{\underline{I_2}} = \alpha + \mathrm{j}\beta$ — eroarea relativă complexă, α fiind eroarea de curent, iar β eroarea de unghi (relația $\underline{\gamma} = \frac{\underline{I_0}}{\underline{I_2}}$ este valabilă în lipsa unei corecții de spire).

Stabilirea expresiilor erorilor. Pe baza celor de mai sus putem calcula inducția :

$$\underline{B^*} = \underline{\Phi^*} = \mathrm{j}\underline{U_e^*} = \mathrm{j}\underline{I_2^*}\underline{Z^*}.$$

Cum

$$\underline{I_0^*} = \underline{H^*} = \underline{B^*}\,\underline{\nu^*},$$

rezultă :

$$\boxed{\underline{\gamma} = \mathrm{j}\underline{Z^*}\,\underline{\nu^*}} \qquad (1)$$

știind că $\underline{\gamma} = \frac{\underline{I_0}}{\underline{I_2}} = \frac{\underline{I_0^*}}{\underline{I_2^*}}$.

Relația (1) trebuie completată, dacă este cazul, cu un termen real, corespunzător corecției de spire.

Expresia obținută este deosebit de simplă. Ea ne arată că eroarea complexă depinde numai de impedanța secundară totală și de inversul permeabilității complexe care se stabilește în condițiile date (impedanța secundară și intensitatea curentului : acestea împreună determină tensiunea indusă și deci starea de magnetizare).

Din relația de bază (1) rezultă :

$$\underline{\gamma} = \alpha + \mathrm{j}\beta = \mathrm{j}\underline{Z^*}\,\underline{\nu^*} = \mathrm{j}Z^*e^{\mathrm{j}\varphi}\nu^*e^{\mathrm{j}\psi} = Z^*\nu^*e^{\mathrm{j}\left(\varphi+\psi+\frac{\pi}{2}\right)} =$$

$$= -Z^*\nu^*\sin(\varphi+\psi) + \mathrm{j}Z^*\nu^*\cos(\varphi+\psi).$$

Prin urmare :

$$\alpha = -Z^*\nu^*\sin(\varphi+\psi) = -\frac{I_0}{I_2}\sin(\varphi+\psi), \qquad (2)$$

$$\beta = Z^*\nu^*\cos(\varphi+\psi) = \frac{I_0}{I_2}\cos(\varphi+\psi) \qquad (3)$$

$$\left(\text{deoarece } \nu^* = Y_{tr}^* = \frac{I_0^*}{U_e^*} = \frac{I_0/I_{2n}}{I_2^*Z^*} = \frac{I_0}{I_2}\frac{1}{Z^*}\right).$$

Acestea sînt relațiile binecunoscute ale lui Goldstein. Ținînd seama că :

$$I_0 = \frac{Hl_b}{N_1} = \frac{Bl_b}{\mu N_1},$$

$$I_2 \cong I_1 = \frac{\theta l_b}{N_1},$$

și

$$\psi = 90 - \varphi_0,$$

relațiile (2) și (3) se pot pune sub forma (prezentată adesea în literatură) :

$$\alpha = -\frac{B}{\theta}\cdot\frac{1}{\mu}\cos(\varphi_0 - \varphi), \qquad (2')$$

$$\beta = -\frac{B}{\theta}\cdot\frac{1}{\mu}\sin(\varphi_0 - \varphi). \qquad (3')$$

Relațiile (2') și (3') arată că erorile se pot micșora prin alegerea unei inducții mici și prin mărirea amperspirelor specifice primare ($=\theta$, prin mărirea numărului de spire primare și prin scurtarea circuitului feromagnetic).

Pentru a obține expresiile erorilor date de Lénard, pornim tot de la relația de bază (1) :

$$\underline{\gamma} = \alpha + \mathrm{j}\beta = \mathrm{j}\underline{Z^*}\,\underline{\nu^*} = \mathrm{j}(R^* + \mathrm{j}X^*)(\nu_m^* + \mathrm{j}\nu_f^*) =$$

$$= -(X^*\nu_m^* + R^*\nu_f^*) + \mathrm{j}(R^*\nu_m^* - X^*\nu_f^*).$$

Rezultă :

$$-\alpha = X^*\nu_m^* + R^*\nu_f^* \qquad (4)$$

$$\beta = R^*\nu_m^* - X^*\nu_f^* \qquad (5)$$

Expresiile (4) și (5) reprezintă o formă mai generală a expresiilor de calcul (4'') și (5'') deduse de Lénard.

Din (4) și (5) se obține :

$$-\alpha = \frac{\nu_f^*}{Z_{2n}}\left(X\frac{\nu_m^*}{\nu_f^*} + R\right), \qquad (4')$$

$$\beta = \frac{\nu_f^*}{Z_{2n}}\left(R\frac{\nu_m^*}{\nu_f^*} - X\right). \qquad (5')$$

Lénard consideră $\frac{1}{\sqrt{2}\nu_f} = 10\,000 \cdot 4\pi\,10^{-7} \left[\frac{A_{ef/m}}{Te_{max}}\right]$, adică pierderi în fier de :

$$\omega \frac{B^2}{2} \cdot \frac{\sqrt{2}\nu_f}{\gamma} = 314 \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{4\pi\,10^{-3} \cdot 7{,}8 \cdot 10^3} = 1{,}6 \text{ W/kg.}$$

Rezultă :

$$\frac{\nu_f^*}{Z_{2n}} = \frac{\nu_f/\nu_b}{\omega N_2^2 \frac{S_b}{(\sqrt{2}\nu_b) l_b}} = \frac{1}{10\,000 \cdot 4\pi\,10^{-7}\omega} \cdot \frac{l_b}{N_2^2 S_b} \cong 0{,}25 \frac{l_b}{N_2^2 S_b}.$$

Cu notaţia

$$M = \frac{\nu_m^*}{\nu_f^*} = \frac{\nu_m}{\nu_f} \cong \frac{1}{\sqrt{2}\,\nu_f} \left(\frac{1}{\mu_r 4\pi 10^{-7}}\right) =$$

$$= 10\,000 \cdot 4\pi 10^{-7} \left(\frac{1}{\mu_r 4\pi\,10^{-7}}\right) = \frac{10\,000}{\mu_r}$$

$$\left(\text{unde } \mu_r = \frac{\mu/\sqrt{2}}{4\pi\,10^{-7}}\right)$$

şi cu expresia obţinută pentru $\frac{\nu_f^*}{Z_{2n}}$, relaţiile (4') şi (5') obţin (după ce se înmulţesc cu 100), forma sub care le prezintă Lénard :

$$-\alpha\% = \frac{25\,l_b}{N_2^2 S_b}(MX + R), \qquad (4'')$$

$$\beta\,[10^{-2}\text{ rad}] = \frac{25\,l_b}{N_2^2 S_b}(MR - X). \qquad (5'')$$

(l_b în m, S_b în m²).

E x e m p l u. *Mărimi de bază* :

$I_{1n} = 1\,000$ A, $I_{2n} = 5$ A, raportul nominal de transformare $= \frac{I_{1n}}{I_{2n}} = \frac{1\,000}{5} = 200$, $N_1 = 1$ spiră, $N_1' = N_1 \frac{I_{1n}}{I_{2n}} = 1\,200 = 200$ spire, $P_n = 15$ VA,

$$U_{1n} = \frac{P_n}{I_{1n}} = \frac{15}{1\,000} = 0{,}015 \text{ V},$$

$$U_{2n} = \frac{P_n}{I_{2n}} = \frac{15}{5} = 3\text{V},$$

$$Z_{1n} = \frac{P_n}{I_{1n}^2} = \frac{15}{1\,000^2} = 15 \cdot 10^{-6}\ \Omega,$$

$$Z_{2n} = \frac{P_n}{I_{2n}^2} = \frac{15}{5^2} = 0{,}6\ \Omega,$$

$$\Phi_b = \frac{\sqrt{2}\,U_{1n}}{\omega N_1} = \frac{\sqrt{2} \cdot 0{,}015}{314 \cdot 1} = 67{,}2 \cdot 10^{-6} \text{Wb}_{max}$$

$$S_b = 14{,}4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2,\ l_b = 0{,}564 \text{ m},$$

$$B_b = \frac{\Phi_b}{S_b} = \frac{67{,}2 \cdot 10^{-6}}{14{,}4 \cdot 10^{-4}} = 0{,}0467\,\underline{|}\,Te_{max},$$

$$H_b = \frac{I_{1n} N_1}{l_b} = \frac{1\,000 \cdot 1}{0{,}564} = 1\,770\ A_{ef/m},$$

$$\mu_b = \frac{B_b}{H_b} = \frac{0{,}0467}{1\,770} = 14{,}9\sqrt{2} \cdot 4\pi 10^{-7} \frac{Te_{max}}{A_{ef/m}}.$$

Ne propunem să calculăm eroarea la sarcina de 25% sub cos $\varphi = 0{,}8$, la curent primar de 500 A. Considerăm impedanţa interioară (formată din rezistenţa şi reactanţa de dispersie secundară) egală cu 20% din cea nominală, tot sub cos $\varphi = 0{,}8$ ($\varphi = 36{,}9^0$). Prin urmare $Z^* = 0{,}2 + 0{,}25 = 0{,}45$, $\underline{Z^* = 0{,}45\,|36{,}9^\circ = 0{,}36 + \text{j}\,0{,}27}$.

Avem :

$$B^* = I_2^* Z^* = 0{,}5 \cdot 0{,}45 = 0{,}225, \text{ adică}$$

$$B = B^* B_b = 0{,}225 \cdot 0{,}0467 = 105 \cdot 10^{-4}\ Te_{max}.$$

Fie valoarea permeabilităţii care corespunde acestei inducţii (de ex. [3] p. 11) : $\mu = 3 \cdot 10^{-3} = 1\,700\sqrt{2} \cdot 4\pi\,10^{-7} \frac{Te_{max}}{A_{ef/m}}$ şi ([3] p. 41) $\varphi_0 = 78^\circ$.

Rezultă :

$$\mu^* = \frac{\mu}{\mu_b} = \frac{1\,700}{14{,}9} = 114,$$

$$\nu^* = \frac{1}{114} = 0{,}00877,\ \psi = 90 - \varphi_0 = 90 - 78 = 12^\circ,$$

$$\underline{\nu^* = 8{,}77 \cdot 10^{-3}\,|12^\circ = (8{,}58 + \text{j} \cdot 1{,}82)\,10^{-3}}.$$

Folosind expresiile obţinute pentru Z^* şi ν^* calculăm eroarea de curent α şi cea de unghi β din relaţiile (2) şi (3) sau (4) şi (5) :

$$\alpha = -Z^* \nu^* \sin(\varphi + \psi) =$$

$$= -0{,}45 \cdot 8{,}77 \cdot 10^{-3} \sin(36{,}9^0 + 12^\circ) =$$

$$= -3{,}95 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}753 = \underline{-0{,}297 \cdot 10^{-2}}$$

$$\beta = Z^* \nu^* \cos(\varphi + \psi) = 3{,}95 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}657 =$$

$$= \underline{0{,}26 \cdot 10^{-2}},$$

respectiv :

$$\alpha = -(X^* \nu_m^* + R^* \nu_f^*) =$$

$$= -(0{,}27 \cdot 8{,}58) + 0{,}36 \cdot 1{,}82)10^{-3} = \underline{-0{,}297 \cdot 10^{-2}},$$

$$\beta = R^* \nu_m^* - X^* \nu_f^* =$$

$$= (0{,}36 \cdot 8{,}58 - 0{,}27 \cdot 1{,}82)\,10^{-3} = \underline{0{,}26 \cdot 10^{-2}}.$$

Desigur, α poate fi modificat în trepte de 0,5% printr-o corecţie de spire.

Bibliografie

[1] *Csizy T., Török B.* : Mérötranszformátorok. Müszaki Könyvkiadó, Budapest, 1955.

[2] *Goldstein I.* : Die Messwandler. 2 Auflage, Verlag Birkhäuser, Basel, 1952.

[3] *Bauer R.* : Die Messwandler. Springer-Verlag, Berlin, 1953.

[4] *Barzilovici V. M.* : Visokovoltnie transformatori toka, Gosenergoizdat, Moscova-Leningrad, 1956.

Conf. ing. **A. Sémlyen**

Intrat în redacţie la 6-VII-1959.

O demonstrație a expresiilor potențialelor electrodinamice generale

CZ 621.3.011 :538.312

Studiul propagării cîmpului electromagnetic se face cu ajutorul legilor generale ale cîmpului electromagnetic. Pentru a rezolva ecuațiile cîmpului electromagnetic se introduc două mărimi auxiliare: potențialul electrodinamic scalar și potențialul electrodinamic vector. Cunoscînd potențialele electrodinamice generale se poate determina cîmpul electric și cîmpul magnetic. Expresiile potențialelor electrodinamice se obțin prin integrarea unei ecuații cu derivate parțiale de tip d'Alembert.

Formulele care dau expresia potențialelor electrodinamice constituie teorema Kirchhoff-Helmholtz. Teorema lui Helmholtz este necesară în problemele de difracție a undelor electromagnetice. Difracția undelor electromagnetice prezintă un interes deosebit la studiul microundelor și al unor instalații de radio, ca de exemplu antene parabolice, antene cu fantă, lentile de difracție [3], [6].

În electroacustică de asemenea se ajunge la ecuații ale lui d'Alembert cînd se studiază cîmpul acustic al radiatoarelor acustice (căști telefonice, difuzoare, vorbitoare cu pavilion). Astfel de ecuații diferențiale se întîlnesc la studiul problemelor din acustică, referitoare la propagarea sunetului, în optică și în diferite probleme de fizică [2], [4], [5].

Avînd în vedere importanța problemei, considerăm că este util să dăm o demonstrație simplă a expresiilor potențialelor electrodinamice generale, pe care nu am întîlnit-o în lucrările referitoare la acest subiect, pe care le-am consultat.

I. Ecuațiile cîmpului electromagnetic

Legile generale ale cîmpului electromagnetic în cazul cînd nu există cîmpuri imprimate dau ecuațiile [1], [5], [6], [7]:

$$\begin{aligned} \operatorname{rot} \boldsymbol{H} &= \varkappa \nu_0 \boldsymbol{j} + \nu_0 \frac{\partial \boldsymbol{D}}{\partial t} \\ \operatorname{rot} \boldsymbol{E} &= -\gamma_0 \frac{\partial \boldsymbol{B}}{\partial t} \\ \operatorname{div} \boldsymbol{D} &= \varkappa \rho \\ \operatorname{div} \boldsymbol{B} &= 0 \end{aligned} \qquad (1)$$

unde $\boldsymbol{E}$, $\boldsymbol{D}$, $\boldsymbol{H}$, $\boldsymbol{B}$, ρ, $\boldsymbol{j}$ au semnificația obișnuită [6], iar $\boldsymbol{D} = \varepsilon \boldsymbol{E}$ și $\boldsymbol{B} = \mu \boldsymbol{H}$. Constanta de raționalizare, $\varkappa$ în cazul sistemelor raționalizate este egală cu unitatea, iar în cazul sistemelor neraționalizate este egală cu 4π.

Coeficienții ν_0 și γ_0 depind de sistemul de unități [6]. În cazul sistemului MKSA raționalizat, $\nu_0 = \gamma_0 = 1$, iar în cazul sistemului de unități al lui Gauss, $\nu_0 = \gamma_0 = \frac{1}{c}$.

Potențialul electrodinamic vector se definește prin relația:

$$\boldsymbol{B} = \operatorname{rot} \boldsymbol{A}. \qquad (2)$$

Potențialul electrodinamic scalar este dat de relația:

$$\boldsymbol{E} = -\operatorname{grad} V - \frac{\partial \boldsymbol{A}}{\partial t}. \qquad (3)$$

Eliminarea lui $\boldsymbol{E}$, $\boldsymbol{D}$, $\boldsymbol{H}$, $\boldsymbol{B}$ între (1), (2), (3) conduce la ecuațiile:

$$\operatorname{rot} \operatorname{rot} \boldsymbol{A} = \varkappa \nu_0 \mu \boldsymbol{j} - \nu_0 \varepsilon \mu \frac{\partial}{\partial t}\left(\operatorname{grad} V + \gamma_0 \frac{\partial \boldsymbol{A}}{\partial t}\right) + \operatorname{grad} \mu \times \boldsymbol{H} \qquad (4)$$

$$-\operatorname{rot}\left(\operatorname{grad} V + \gamma_0 \frac{\partial \boldsymbol{A}}{\partial t}\right) = -\gamma_0 \frac{\partial \boldsymbol{B}}{\partial t} \qquad (4')$$

Aceste două ecuații sînt satisfăcute dacă avem simultan:

$$\nabla^2 \boldsymbol{A} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \boldsymbol{A}}{\partial t^2} = -\varkappa \nu_0 \mu (\boldsymbol{j} + \boldsymbol{j}') \qquad (5)$$

$$\nabla^2 V - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 V}{\partial t^2} = -\frac{\varkappa}{\varepsilon} (\rho + \rho') \qquad (6)$$

$$\operatorname{div} \boldsymbol{A} + \nu_0 \varepsilon \mu \frac{\partial V}{\partial t} = 0 \qquad (7)$$

unde:

$$\nu_0 \gamma_0 \varepsilon \mu = \frac{1}{c^2}.$$

S-a notat cu:

c — viteza de propagare a cîmpului electromagnetic;
ρ' — densitatea de sarcină fictivă;
$\boldsymbol{j}'$ — densitatea de curent fictiv

$$\boldsymbol{j}' = \frac{\operatorname{grad} \mu \times \boldsymbol{H}}{\varkappa \nu_0 \mu} \qquad (8)$$

$$\rho' = -\frac{\boldsymbol{E} \cdot \operatorname{grad} \varepsilon}{\varkappa}. \qquad (9)$$

Mărimile $\boldsymbol{j}'$ și ρ' sînt diferite de zero, numai dacă mediul este eterogen.

Potențialele electrodinamice V și $\boldsymbol{A}$ se obțin respectiv prin integrarea ecuațiilor diferențiale (5) (6). Dacă mediul este eterogen nu este posibil să se obțină V și $\boldsymbol{A}$ în termeni finiți și chiar dacă acest lucru ar fi cu putință, soluția ar fi pur formală, căci ar conține pe $\boldsymbol{E}$ și $\boldsymbol{H}$, care trebuie aflați.

Ne vom mărgini la cazul mediului omogen, adică dacă ρ și μ sînt peste tot constanți, deci $\boldsymbol{j}'$ și ρ' sînt nuli. Deci, găsirea expresiei lui V și $\boldsymbol{A}$ se reduce la integrarea unor ecuații ale lui d'Alembert.

II. Integrarea ecuației lui d'Alembert

Pentru a integra ecuația:

$$\nabla^2\varphi - \frac{1}{c^2}\cdot\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} = f(P,t), \tag{10}$$

unde $f(P,t)$ este cunoscut în interiorul volumului V, delimitat de suprafața Σ, pe care se cunosc valorile lui φ și $\frac{\partial\varphi}{\partial n}$, vom folosi calculul operațional.

Transformata lui Laplace a ecuației, pentru condiții inițiale nule, adică alegînd momentul inițial anterior apariției cîmpului, este:

$$\nabla^2 F - \frac{p^2}{c^2}F = g(P,p), \tag{11}$$

unde:

$$F(P,p) \doteqdot \varphi(P,t); \tag{12}$$

$$g(P,p) \doteqdot f(P,t). \tag{13}$$

Să considerăm funcția:

$$F(M,p)\,e^{-\frac{r}{c}p} \doteqdot \varphi\left(M, t-\frac{r}{c}\right) \tag{14}$$

unde r este modulul vectorului de poziție corespunzător punctului M, originea fiind considerată în punctul P.

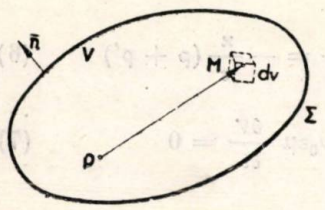


Fig. 1. Domeniul pentru care se calculează potențialul electrodinamic.

Să aplicăm funcției $F(M,p)\,e^{-\frac{r}{c}p}$ o relație cunoscută din calculul vectorial [4], [6], [7]:

Se obține:

$$F(P,p) = -\frac{1}{4\pi}\int_{V_\Sigma}\frac{\nabla^2\left(Fe^{-\frac{r}{c}p}\right)}{r}\,dv +$$

$$+\frac{1}{\pi 4}\int_\Sigma\left\{\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial n}\left(Fe^{-\frac{r}{c}p}\right) - \left(Fe^{-\frac{r}{c}p}\right)\frac{\partial}{\partial n}\left(\frac{1}{r}\right)\right\}dS \tag{15}$$

După regula de derivare a funcțiilor compuse, se obține:

$$\frac{\partial}{\partial n}\left(Fe^{-\frac{r}{c}p}\right) = \frac{\partial F}{\partial n}e^{-\frac{r}{c}p} - \frac{p}{c}Fe^{-\frac{r}{c}p}\frac{\partial r}{\partial n} \tag{16}$$

$$\nabla^2\left(Fe^{-\frac{r}{c}p}\right) = e^{-\frac{r}{c}p}(\nabla^2 F) - \frac{2}{c}p\frac{\partial F}{\partial r}e^{-\frac{r}{c}p} - \frac{2}{cr}pFe^{-\frac{r}{c}p} + \frac{p^2}{c^2}Fe^{-\frac{r}{c}p} \tag{17}$$

Dar prin ipoteză pentru oricare punct din interiorul lui V:

$$\nabla^2 F = \frac{p^2}{c^2}F + g(M,p). \tag{18}$$

De aceea:

$$\frac{1}{r}\nabla^2\left\{F(M,p)\,e^{-\frac{r}{c}p}\right\} = \frac{g(M,p)e^{-\frac{r}{c}p}}{r} - \frac{2}{cr^2}pFe^{-\frac{r}{c}p} - \frac{2}{cr}p\frac{\partial F}{\partial r}e^{-\frac{r}{c}p} + \frac{2}{cr}p^2Fe^{-\frac{r}{c}p} \tag{19}$$

Folosind relațiile

$$\frac{1}{r^2} = \operatorname{div}\frac{\mathbf{r}}{r^2} \text{ și } \frac{\partial}{\partial r}\left(e^{-\frac{r}{c}p}pF\right) =$$

$$= p\frac{\partial F}{\partial}e^{-\frac{r}{c}p} - \frac{p^2}{c}e^{-\frac{r}{c}p} - \frac{r}{c}pe^{-\frac{r}{c}p} \tag{20}$$

putem scrie:

$$\frac{1}{r}\nabla^2\left\{F(M,p)\,e^{-\frac{r}{c}p}\right\} = \frac{g(M,p)}{r}e^{-\frac{r}{c}p} - \frac{2}{c}pFe^{-\frac{r}{c}p}\operatorname{div}\frac{\bar{r}}{r^2} - \frac{2}{cr}\frac{\partial}{\partial r}\left\{pFe^{-\frac{r}{c}p}\right\} =$$

$$= \frac{g(M,p)\,e^{-\frac{r}{c}p}}{r} - \frac{2}{c}pFe^{-\frac{r}{c}p}\operatorname{div}\frac{\bar{r}}{r^2} - \frac{2}{c}\left\{\frac{\bar{r}}{r^2}\cdot\operatorname{grad}\left(pFe^{-\frac{r}{c}p}\right)\right\}$$

deci:

$$\frac{1}{r}\nabla^2\left\{F(M,p)\,e^{-\frac{r}{c}p}\right\} = \frac{g(M,p)\,e^{-\frac{r}{c}p}}{r} - \frac{2}{3}\operatorname{div}\left\{\frac{F}{r^2}\left(pFe^{-\frac{r}{c}p}\right)\right\}. \tag{21}$$

Introducem rezultatul obținut (21) în (15) și eliminăm punctul P din volumul V, printr-o sferă Σ_0, cu centrul în P și de rază foarte mică r_0. Se găsește ușor [4] că integrala de volum și cea de suprafață, relative la sfera Σ_0 tind către zero odată cu r_0.

Se obține astfel în definitiv:

$$F(P,p) = -\frac{1}{4\pi}\int_{V_\Sigma}\frac{g}{r}e^{-\frac{c}{r}p}\,dv + \frac{1}{4\pi}\int_\Sigma\left\{\frac{1}{r}\frac{\partial F}{\partial n}e^{-\frac{r}{c}p} + \frac{p}{cr}Fe^{-\frac{r}{c}p}\frac{\partial r}{\partial n} - Fe^{-\frac{r}{c}p}\frac{\partial}{\partial n}\left(\frac{1}{r}\right)\right\}dS \tag{22}$$

Folosind relația cunoscută

$$F(M,p)\,e^{-\frac{r}{c}p} = \varphi\left(M, t-\frac{r}{c}\right)$$

unde:

$$F(M,p) \doteqdot \varphi(M,t).$$

Revenind la original și folosind notația:

$$f\left(M, t-\frac{r}{c}\right) = [f]$$

se găsește:

$$\varphi(P,t) = -\frac{1}{4\pi}\int_{V_\Sigma}\frac{[f]}{r}\,dv + \frac{1}{4\pi}\int_{\Sigma}\left\{\frac{1}{r}\left[\frac{\partial\varphi}{\partial n}\right] - [\varphi]\frac{\partial}{\partial n}\left(\frac{1}{r}\right) + \frac{1}{cr}\left[\frac{\partial\varphi}{\partial t}\right]\frac{\partial r}{\partial n}\right\}dS \quad (23)$$

Această funcție retardată este o soluție a ecuației lui d'Alembert.

Considerînd funcția:

$$F(M,p)\,e^{\frac{p}{c}r} \doteqdot \varphi\left(M, t+\frac{r}{c}\right)$$

printr-o demonstrație analogă celei de mai sus, se găsește soluția avansată a ecuației lui d'Alembert:

$$\varphi(P,t) = -\frac{1}{4\pi}\int_{V_\Sigma}\frac{[f]'}{r}\,dv + \frac{1}{4\pi}\int_{\Sigma}\left\{\frac{1}{r}\left[\frac{\partial\varphi}{\partial n}\right]' - [\varphi]'\frac{\partial}{\partial_n}\left(\frac{1}{r}\right) - \frac{1}{cr}\left[\frac{\partial\varphi}{\partial t}\right]'\frac{\partial r}{\partial n}\right\}dS \quad (24)$$

și se vede că diferă de cea retardată prin semnul lui c.

III. Expresiile potențialelor electrodinamice

Relația (23) dă pentru expresiile potențialelor electrodinamice scalar și vector, respectiv formulele:

$$V(P,t) = \frac{\varkappa}{4\pi}\int_{V_\Sigma}\frac{[\rho]}{\varepsilon r}\,dv + \frac{1}{4\pi}\int_{\Sigma}\left\{\frac{1}{r}\left[\frac{\partial V}{\partial n}\right] - [V]\frac{\partial}{\partial n}\left(\frac{1}{r}\right) + \frac{1}{cr}\left[\frac{\partial V}{\partial t}\right]\frac{\partial r}{\partial n}\right\}dS \quad (25)$$

$$\boldsymbol{A}(P,t) = \frac{\varkappa}{4\pi}\nu_0\mu\int_{V_\Sigma}\frac{[\boldsymbol{j}]}{r}\,dv + \frac{1}{4\pi}\int_{\Sigma}\left\{\frac{1}{r}\left[\frac{\partial \boldsymbol{A}}{\partial n}\right] - [A]\frac{\partial}{\partial n}\left(\frac{1}{r}\right) + \frac{1}{cr}\left[\frac{\partial \boldsymbol{A}}{\partial t}\right]\frac{\partial r}{\partial n}\right\}dS \quad (26)$$

Analog se obțin potențialele avansate.

Bibliografie

[1] *Abraham M.* und *Föppl A.:* Theorie der Elektrizität. Erster Band. Einführung in die maxwellsche Theorie der Elektrizität. Leipzig-Berlin. Teubner Verlag 1921. Sechste Auflage.

[2] *Carvallo E.:* Les lois absolues de la lumière et sa loi de relativité. Révision du postulat d'Einstein. Revue Generale de l'Électricité, **40** (1931) 6, p. 403–502.

[3] *Dombrowski I. A.:* Antene. Traducere din limba rusă. Editura Energetică de Stat. București, 1954.

[4] *Kocin N. E.:* Calculul vectorial și introducere în calculul tensorial. Traducere din limba rusă. Editura Tehnică, București, 1954.

[5] *Lorentz H. A.:* Electronentheorie, Leyda-Leipzig, 1903.

[6] *Răduleț R.:* Bazele teoretice ale electrotehnicii, vol. **II** și vol **IV** (curs litografiat).

[7] *Tamm I. E.:* Bazele teoriei electricității. Traducere din limba rusă. Editura Tehnică, București, 1957.

Ing. **A. Nicolaide**

Intrat în redacție la 28. VII. 1959

Documentare

621.314.2 *Transformatoare*

CZ 621.315.615.2 : 614.7

Absorbția cîtorva produse de oxidare a uleiului de transformator de către materialele izolante solide. [După Sahnovici I.M. și Lipstein A.P.: Vestnik Elektroprom. **30** (1959) 5, 38–40, 1 fig., 1 tab.]

Pentru studiul îmbătrînirii izolației fibroase și în special a hîrtiei în uleiul de transformator, se analizează influența oxidării. Pentru aceasta se studiază unele produse rezultate din oxidarea uleiului de către oxigenul molecular. Acizii studiați sînt: acetic, stearic și oleic și cei naftenici rezultați din distilarea uleiului de transformator. Materialele izolante solide studiate sînt: hîrtia de cablu și electrocartonul (preșpanul). Concentrația acidității este astfel aleasă încît să se obțină în uleiul de transformator un indice de aciditate de ordinul 1 mg KON/g³. Concentrația naftenaților în ulei este de circa 0,1% din greutate. Epruvetele din materialele izolante au fost în prealabil uscate și impregnate în uleiul de transformator studiat și apoi cufundate în vase de sticlă conținînd același tip de ulei. Vasele au fost menținute timp de 42 zile în termostat cu circulație liberă de aer, la temperatura de $+95 \pm 3$%.

Capacitatea de absorbție a hîrtiei de cablu și a electrocartonului este funcție de greutatea moleculară a acizilor organici. Cu creșterea greutății moleculare scade capacitatea de absorbție. După 42 zile hîrtia a absorbit 93–95% din acidul acetic, 64% din acidul oleic și 10 și 13% din acizii stearic și naftenic. Aceeași situație se prezintă și cu cartonul. Se mai observă că procesele intense de absorbție au loc în primele 3–6 zile.

A.B.

621.316.5 *Întreruptoare*

CZ 621.316.5.066.6.

Fabricarea și proprietățile pseudoaliajului Ag–CdO. [După Volejnik V. și Bican J.: Hutnické Listy (R. Cehoslovacă) **13** (1958)6, 571–576.]

Contactele de argint cu adaosuri nemetalice de Cd O, Pb O, etc., cunoscute sub denumirea de pseudoaliaje, sînt foarte apreciate pentru întreruptoarele solicitate. Pînă acum ele se fabricau din pulbere de argint, prin două metode diferite de sinterizare; recent a apărut însă un procedeu mai avantajos, cu șanse de a înlocui complet metalurgia pulberilor în acest domeniu tehnologic.

Pseudoaliajul Ag–CdO se obține astfel din aliaj AgCd, obținut pe cale metalurgică obișnuită și supus apoi unui tratament de oxidare internă. Oxidarea internă a contactelor, a tablelor sau a sîrmelor care servesc drept probă are loc la temperaturi între 500 și 800°C, pe un suport corespunzător (de exemplu argint) montat într-un cuptor încălzit electric, prin care trece un curent de aer sau O_2. În funcție de parametrii oxidării, constanta de oxidare are un ordin de mărime în jurul a 0,0025 mm²/h – 0,01 mm²/h, ceea ce determină grosimea stratului oxidat după un anumit timp. Prin încercări s-a determinat influența diferitelor temperaturi și atmosfere oxidante asupra procesului de oxidare a cadmiului din aliaj, stabilindu-se că microduritatea stratului oxidat este mai mare decît la contactele obținute prin metalurgia pulberilor. De asemenea oxidul de cadmiu, cu granulație mai fină, este mai uniform repartizat în materialul de bază.

S.A.

CZ 621.316.57.027.8 : 621.315.618.9

Întreruptoare cu gaz. [După Electr. Times 135 (1959) 3519, 651—652, 2 fig.]

La Conferința Energetică Americană s-a prezentat un referat asupra întreruptoarelor de înaltă tensiune și mare putere umplute cu hexafluorură de sulf. Menționînd tipuri de 115 kV 1 000 MVA și 46 kV 250 MVA pentru reanclanșare multiplă. Este în studiu un întreruptor de 230 kV 15 000MVA. Hexafluorura de sulf (SF_6) este un gaz foarte stabil și inert, de cinci ori mai dens decît aerul. Nu este toxică și rămîne gazoasă la presiunea atmosferică pînă la — 62°C. Studiile au arătat că proprietățile remarcabile de stingere a arcului ale hexafluorurii de sulf se datoresc unei mari afinități pentru electroni, exercitată de moleculele ei relativ mari. Electronii conductori din arc sînt captați de aceste molecule și, din lipsa acestor electroni, arcul devine instabil și poate fi ușor stins.

Se schițează trei metode promițătoare de folosire a hexafluorurii de sulf în întreruptoare. Primul sistem folosește unul sau mai multe spații în serie. Prin încălzirea termică a gazului, un spațiu produce suficientă presiune pentru ca gazul să curgă printr-un orificiu spre al doilea spațiu. Acest sistem se poate aplica pentru curenți pînă la 5 000 A și în special întreruptoarelor pentru conectarea condensatoarelor.

Al doilea sistem se aplică pentru curenți pînă la 20 000—25 000 A și folosește un piston fixat cu contactul mobil. Cînd se mișcă, acest piston produce un flux de gaz printr-un orificiu și împrejurul spațiului format cînd contactul mobil se deplasează spre poziția deschis.

Al treilea sistem, pentru întreruperea puterilor mari la curenți de 50 000 A și mai mult, este destinat folosirii la întreruptoare de la 115kV10000 MVA pînă la 460 kV40000 MVA. Se folosește o incintă de gaz închisă și întreruperea este efectuată de un suflaj de gaz dintr-un rezervor de înaltă presiune spre o regiune de joasă presiune printr-un orificiu în jurul spațiului de întrerupere. Acest sistem necesită un compresor. În comparație cu întreruptoarele de alte tipuri, SF_6 oferă o funcționare liniștită, eliminarea pericolului de incendiu, fundații mici, echipament auxiliar minim și eliminarea oricărui izolator cu presiune interioară mare.

Raportul menționat descrie în detaliu unul dintre tipurile proiectate. Pentru puteri mari, aparatul este cu triplă rupere și presiune dublă. Elementele esențiale sînt : un rezervor de înaltă presiune pentru gaz, o valvă de suflaj, tuburi izolante pentru conducerea curentului de gaz de la valva de suflaj la întreruptoare și trei unități de întrerupere de tip cu orificiu.

A.S.

CZ 621.317.2 (492.82) KEMA

KEMA și laboratorul său de mare putere [După W. May : Elektrotechnische Z.—B., **11** (1959), 2, 40—41).]

KEMA este o instituție din Olanda, care — dotată cu specialiști de cea mai înaltă calificare și cu utilaj corespunzător — verifică mașini, aparate, proiecte de investiție etc., eliberînd certificate, respectiv avize corespunzătoare. Certificatele „KEMA" se bucură de o deosebită considerație și sînt cerute de beneficiari din toată lumea. Instituția a fost creată în 1927 de către întreprinderile furnizoare de electricitate din Olanda, care aveau interesul ca un organ competent să le verifice orice utilaj procurat și să le dea avize în problemele puse de exploatarea unei rețele extinse. În scurt timp, instituția capătă renume mondial și cîmpul ei de activitate se extinde în toate domeniile electrotehnicii. Clădirile instituției situate într-un parc de la marginea orașului Arnheim adăpostesc, printre altele : un laborator de mecanică și unul fiziochimic pentru lucrări de normare, un institut de înaltă tensiune dotat cu un generator de șoc de 2,7 MV la 36 kWs, stație de impuls de 200 kA, o stație de transformare de 525 kV pentru încercări de durată, secții pentru încercarea utilajelor protejate contra exploziilor, materialelor de instalație, aparatelor termice și frigorifere, instrumentelor de măsură etc.

Centrul activității în această instituție îl prezintă laboratorul de mare putere, care își are sursele de energie în două grupuri sincrone cu o putere trifazată totală (la excitația de șoc) de 1 200 MVA și alte două grupuri cu o putere totală de 2 000 MVA, plus transformatoarele respective, care dau tensiuni de 100, respectiv 150 kV. La încercări unipolare ale întreruptoarelor se pot obține solicitări corespunzătoare unei puteri trifazate de scurtcircuit de 7 500 MVA. Sînt indicate apoi și celelalte utilaje (de exemplu bateria de acumulatoare de 10 000 kVA cu o izolație pentru 220 kV), precum și detalii asupra clădirilor instituției.

G.C.

CZ 621.316.57 : 621.317.382.001.41

Echivalența schemelor sintetice în tehnica puterilor mari. [După Frischmann, W. : Dtsch. Elektrotechn. **13** (1959), 1, 27—31, 7 fig., 4 tab., 36 ref. bibl.]

Din considerente economice, încercarea prin metode directe la bancul de încercare a aparatelor de conectare cu capacitate mare de rupere nu este posibilă, din care cauză se răspîndesc din ce în ce mai mult metodele indirecte de încercare. Deoarece pînă în prezent nu se cunoaște o metodă cu aplicație generală, se alege de la caz la caz metoda cea mai adecvată. În principiu, metodele indirecte se împart în metode prin încercarea pieselor componente și metode bazate pe utilizarea unor scheme sintetice. Acestea trebuie să redea în mod fidel procesele de comutație care au loc într-un element de conectare, pentru care scop ele trebuie să corespundă anumitor condiții.

O comparație critică arată că metodele cu scheme sintetice nu sînt complet echivalente cu metodele directe ; capacitatea de rupere, determinată prin fiecare din aceste două metode, nu prezintă totuși o diferență mai mare de 7%.

A.C.

CZ 621.316.57.064.3 : 621.317.382.083.8

Metode indirecte pentru determinarea puterii de rupere a întreruptoarelor de înaltă tensiune. [După Varchney M.P. : J. sci. and industr. Research (India) 18 A (1959) 4, 159—165,18 fig., 7 ref.]

Articolul tratează două metode indirecte pentru încercarea întreruptoarelor, și anume (I) încercarea sintetică folosind condensatoare încărcate și (II) tensiunea de restabilire furnizată de generatorul de curent printr-un transformator, și se expune teoria generală a curenților la scurtcircuit și întreruperea arcului în întreruptoarele de c.a. Se discută de asemenea alți factori importanți ca : frecvența tensiunii la restabilire, factorul de putere la scurtcircuit și timpul de întrerupere (o jumătate de perioadă sau mai mult ca o jumătate de perioadă). Pe lîngă remarcabila flexibilitate a metodei de încercare indirectă prin variația diferiților factori care determină întreruperea, ea permite o mărire considerabilă a puterii de scurtcircuit a stațiilor de încercare existente. Încercările indirecte sînt considerate echivalente cu încercările directe în anumite condiții, întrucît, în circuite convenabile, rezultatele obținute în metoda indirectă sînt în suficientă concordanță cu acelea obținute prin metoda directă.

A.S.

CZ 621.316.72 : 621.365.2

Experiențe dobîndite cu regulatoarele cuptoarelor cu arc electric. [După Forst, H. J. : Elektrowärme **17** (1959) 7, 260—265, 9 fig.]

Exploatarea economică a unui cuptor cu arc electric depinde în special de bunul reglaj al electrozilor lui. În consecință se încearcă să se aplice posibilitățile tehnicii moderne ale reglajului la cuptoarele electrice cu arc. Impedanța arcului servește ca mărime de referință. Ea este menținută constantă prin reglajul electrozilor. În acest scop se pot folosi sisteme de reglaj motorice sau electrohidraulice. În ultimii ani reglajele electrohidraulice s-au răspîndit din ce în ce mai mult în Germania. Acest lucru este valabil mai ales pentru cuptoare cu spațiu mare, care azi sînt echipate numai cu reglaje electrohidraulice. Se descrie efectul diferitelor reglaje moderne ale electrozilor. Aceste reglaje funcționează cu timpuri de reacție foarte scurte și cu viteze ridicate ale electrozilor. Prin calcule matematice se arată că, în ce privește capacitatea lor, aceasta este limitată de elasticitatea elementelor de construcție în partea mecanică a cuptorului cu arc electric.

A. S.

621.317.33 *Stații de încercare la tensiune*

CZ 621.317.333.82 : 621.319.53

Producerea impulsurilor de tensiune cu ajutorul circuitelor cu amortizare mare. [După Baumann, W. : Arch. Techn. Messen (1959) 283, 173—176, 11 fig., 7 ref.]

Articolul studiază teoretic și experimental caracteristicile circuitului CLR folosit pentru producerea impulsurilor de tensiune. Rezultă ecuații foarte simple și exacte pentru determinarea mărimilor C,L și R din constantele de timp ale frunții și spatelui undei de formă dorită și pentru determinarea factorului de utilizare. Condiția dată de Lenze ca aproximație pentru amortizarea aperiodică a fost verificată numeric și găsită ca suficient de exactă. O examinare critică arată că posibilitatea de folosire a schemei este în general limitată la instalații (în majoritate cu un singur etaj) de mare capacitate de impuls și tensiune joasă, întrucît altfel inductanțele necesare se realizează greu și capacitățile de încărcare admisibile devin foarte mici. Factorul mare de utilizare a schemei, îndeosebi la producerea formelor de undă la care durata frontului și semiamplitudinii spatelui sînt de același ordin de mărime, îi dă o importanță deosebită pentru reproducerea supratensiunilor de conectare.

A. S.

621.318 *Aplicațiile industriale ale magnetismului*

CZ 621.318.2 : 621.317.788 : 621.313.2

Aplicații importante ale curenților turbionari produși de magneți permanenți. [După Tendelov, K. : J. Appl. Phys., 30 (1959) 4 supl., 2 365—2 375, 1 fig.]

Articolul tratează cazuri de folosire a magneților permanenți pentru frînări. Frînele mici cu curenți turbionari pentru contoare au o caracteristică moment-viteză practic liniară, întrucît curentul indus crește proporțional cu viteza relativ mică dintre discul cu curenți turbionari și polii magnetici. La tipuri mai mari o reacție considerabilă a cîmpului curentului indus accentuează liniile curenților turbionari în direcția mișcării, așa că forța electrodinamică dintre curent și polii magnetici deviază de la relația liniară, atinge un maxim la o viteză critică și descrește asimptotic spre zero la viteză infinită, cînd puterea disipată devine maximă. S-au întreprins cercetări în privința comportării magneților permanenți într-un montaj răcit cu apă cu rotor permanent magnetic și cu un aparat de răcit cu aer cu stator permanent magnetic, de formă cilindrică. Piesele pot mări citeodată fluxul static, dar nu pot îmbunătăți totdeauna comportarea dinamică. Soluția ideală o poate constitui un magnet cu inducție mare fără piese polare, dar inducția în materialele disponibile este limitată de efectul demagnetizant pe partea liberă a polului. Aplicații posibile ar putea fi un amortizor pentru camioane grele în regiuni muntoase și un cuplaj flexibil, alunecînd cu cuplu descărcător cînd se supraîncarcă.

A.S.

CZ 621.318.42.016.24/25

Calculul amplificatoarelor magnetice cu sarcină activă-inductivă conectate la intrarea redresoarelor. [După A. G. Zdrok : Electricestvo **79** (1959), 25—31, 8 fig., 5 ref. bibl.]

În circuitele de automatizare sau de comandă cu amplificatoare magnetice, se folosesc metode de calcul bazate pe cunoașterea valorilor eficace ale tensiunilor și curenților.

În circuitele cu redresoare și sarcini active-inductive forma tensiunilor pe înfășurările de lucru ale amplificatorului magnetic și inductanțele de sarcină se abat considerabil de la sinusoidă. În articol se arată funcționarea circuitelor cu reactanțe liniare și neliniare conectate la intrarea redresoarelor și se expune metoda determinării parametrilor de bază ai amplificatoarelor magnetice.

În primul caz studiat, acela al inductanței liniare la intrarea punții de redresoare, se pornește de la considerația că din momentul comutației curentului la schimbarea polarității tensiunii de alimentare, pînă în acel moment al semiperioadei cînd curentul sursei capătă același semn, toată tensiunea sursei se aplică pe inductanța neliniară, iar căderea de tensiune în punte se neglijează. În restul semiperioadei tensiunea sursei echilibrează căderea de tensiune pe inductanța liniară și pe sarcină. Concluzia cazului studiat este că suma aritmetică a valorilor medii ale tensiunii pe fiecare element de circuit este egală cu valoarea medie a tensiunii de alimentare.

În circuitele cu amplificatoare magnetice, deosebirea față de cazul de mai sus constă în faptul că, în condiții normale de lucru ale redresorului, inductanța amplificatorului magnetic este redusă. În acest caz în momentul cînd tensiunea de alimentare se aplică atît pe inductanța de intrare, cît și pe sarcină, raportul tensiunilor care revin acestora se reduce, iar unghiul de fază, pentru care începe căderea de tensiune pe sarcină, se mută spre stînga cu cît crește gradul de premagnetizare al amplificatorului magnetic.

În articol se redau oscilogramele fenomenelor descrise, cum și un exemplu de calcul al determinării raportului dintre valoarea medie a curentului de sarcină și valoarea maximă a acestuia, atît pentru cazul regimului de curent sinusoidal la intrarea redresorului, cît și pentru cazul regimului tensiunii sinusoidale la intrarea redresorului. Se indică de asemenea relațiile în baza cărora se deduc parametrii de calcul ai amplificatorului magnetic.

S.S.

621.319.4 *Aplicațiile electricității statice*

CZ 621.319.4 : 621.315.1.018.143

Scara parametrilor nominali ai condensatoarelor pentru compensarea longitudinală a rețelelor rurale. [După L. E. Ebin : Vestnik Elektroprom. **30** (1959) 4, 55—60, 5 fig.]

Eficiența reglării tensiunii rețelelor de înaltă tensiune cu ajutorul instalațiilor de compensare longitudinală (ICL) este cunoscută. Din cauza lipsei unei scări de puteri pentru condensatoarele folosite în aceste instalații, puterile bateriilor întreceau necesitățile raționale, fapt care scumpește costul total al instalațiilor.

În articol se studiază această scară de putere și se ajunge la următoarele concluzii. Pentru rețelele rurale de 10 kV se recomandă scara de putere : 50 ; 35 și 20 kVAr. Ținînd seama de influența tensiunii de lucru nominale a condensatoarelor serie asupra indicilor tehnico-economici, la ICL se propune folosirea condensatoarelor cu tensiuni de 0,6 kV pentru rețelele de 6 și 20 kV și a celor cu tensiune de 10 kV pentru rețelele de 35 kV.

La elaborarea acestui studiu s-a ținut seama de coeficientul (B) maxim admisibil de creștere a tensiunii la bornele condensatorului, folosindu-se relația :

$$B = \frac{\sqrt{36 - T_0}}{72\tau} + 1,$$

unde : τ este intervalul de timp admisibil pentru supratensiune și corespunzător rețelelor rurale, 4 ore ; T_0 — temperatura mediului ambiant, 20°C. Se obține $B = 1{,}25$.

A.B.

Cronică

De la comitetul național al C.I.G.R.É.

Cea de-a 18-a sesiune a C.I.G.R.É. urmează să aibă loc între 15 și 25 iunie 1960 la Paris. Cu această ocazie vor fi prezentate circa 120 de rapoarte de către autorii din diferite țări privind cele mai interesante și moderne aspecte din domeniul tehnicii producerii și transportului energiei electrice la tensiuni înalte și al construcției de echipament electric pentru aceste scopuri. Indicăm mai jos unele dintre rapoartele cele mai reprezentative ce vor fi prezentate și discutate la sesiune.

GENERATOARE

L. G. Mamikonianț și *I. A. Stromiatnikov* (U.R.S.S.): Funcționarea în asincron a generatoarelor.

A. Ritter și *O. Wohlfart* (Austria): Măsurători dielectrice asupra izolației înfășurărilor statorice.

*** (*Franța*): Producerea puterii reactive în mașini rotative: generatoare și compensatoare sincrone.

P. Pavesi și *S. Simonetti* (Italia): Excitația cu redresoare statice și reglarea tensiunii unui grup generator de 23 MW pentru serviciile interne ale unei mari centrale termoelectrice.

I. Cemus, V. Hamata și *A. Veverka* (Cehoslovacia): Două aplicații ale teoriei modelării în electroenergetică: *a*) Fenomene tranzitorii în mașinile sincrone; *b*) Divizori de tensiune de impuls cu circuite echivalente.

TRANSFORMATOARE

I.B. Borodulin, G. N. Petrov și *S. I. Rabinovici* (U.R.S.S.): Autotransformatoare de mare putere la înaltă tensiune.

A. Fremineur (Belgia): Autotransformatoare de mare putere.

R. J. Kayser (Canada): Probleme speciale ridicate de marile autotransformatoare la înaltă tensiune.

J. R. Meador (S.U.A.): Încercările dielectrice ale marilor transformatoare de înaltă tensiune.

M. Christoffel și *T. Hurter* (Elveția): Studiul eforturilor la scurtcircuit în înfășurările transformatoarelor, cu ajutorul modelelor reduse.

J. Froidevaux, R. Kratzer și *Cl. Rossier* (Elveția): Probleme specifice ale transformatoarelor mari la înaltă tensiune.

ÎNTRERUPTOARE

E. C. Starr și *E. J. Harrington* (S.U.A.): Încercări la locul de montare al întreruptoarelor de mare putere.

T. C. Browne Jr. (S.U.A.): O concepție nouă în construcția întreruptoarelor.

M. Petrolini și *R. Poyart* (Franța): Întreruptoare cu aer comprimat: viteze mari ale tensiunii de restabilire, folosirea de presiuni ridicate.

S. Yamazaki, H. Mori și *S. Fukuda* (Japonia): O nouă metodă indirectă de încercare pentru întreruptoare pneumatice cu mare putere de rupere.

E. Leimbrubler și *P. Joss* (Elveția): Comportarea unui întreruptor cu ulei puțin pentru tensiuni foarte înalte la declanșarea unor curenți mici.

B. Foit, V. Kalusec și *V. Zajic* (Cehoslovacia): Probleme de întrerupere: *a*) Evoluția metodelor de încercări de scurtcircuit; *b*) Efortul dielectric în supratensiunile de comutație.

CABLURI DE ÎNALTĂ TENSIUNE

A. Giaro (Belgia): Studiul experimental asupra răcirii forțate a cablurilor pozate într-o galerie subterană ventilată artificial.

G. H. West și *P. Ralston* (Canada): Răcirea artificială cu apă a cablurilor subterane.

W. Hirsch (Norvegia): Traversarea fiordului Oslo cu cabluri submarine de 300 kV în curent alternativ.

J. Banks și *F. O. Wollastor* (Canada): Instalarea cablurilor subterane de foarte înaltă tensiune în tuneluri sau puțuri verticale.

J. Oudin și *R. Tellier* (Franța): Cablurile de 380 și 225 kV în sistemul național francez.

STÎLPI ȘI FUNDAȚII

Vandeperre și *A. Jucov* (Belgia): Experiența belgiană în domeniul încercării stîlpilor și fundațiilor.

L. Haro și *K. Orivuori* (Finlanda): Fundații prefabricate pentru stîlpi ancorați.

H. B. Harvey și *A. Erskine* (Anglia): Stîlpi tubulari în rețeaua de transport engleză.

LINII AERIENE; VIBRAȚII

L. Paris (Italia): Securitatea liniilor aeriene în legătură cu probabilitatea avariilor.

H. Bovallius, T. Persson și *U. Sandstrom* (Suedia): Stricăciunile cauzate liniilor de transport ca efect al vibrațiilor.

A. P. Birulin, V. V. Burgsdorf și *B. J. Maklin* (U.R.S.S.): Sarcini produse de vînt asupra liniilor electrice aeriene.

M. Vidmar (Jugoslavia): Experiența cu conductoare de aluminiu fără miez de oțel.

Gartner, G. Grabe și *W. Furkert* (Germania): Detectarea conexiunilor slabe cu ajutorul razelor infraroșii.

IZOLATOARE

L. Gion și *Meir* (Franța): Noi izolatoare cu aripioară elicoidală pentru linii și aparataj de înaltă tensiune.

O. P. Geszti, P. Ignacz și *F. Ronkay* (Ungaria): Experiențe privind slăbirea izolației izolatoarelor sub efectul mediului ambiant.

PROTECȚIE ȘI RELEE

H. Balériaux și *F. Brohet* (Belgia): Încercări asupra funcționării releelor Buchholz pentru protecția transformatoarelor.

G. Marchal (Belgia): Releu diferențial cu transistoare pentru linii de înaltă tensiune.

M. P. Zlatev, A. St. Kozarov și *S. L. Farși* (Bulgaria): Regimuri tranzitorii într-un sistem filtru releu de componente simetrice inverse și determinarea parametrilor optimi ai acestuia.

J. Friedberger și *M. Magnien* (Franța): Probleme privind alimentarea serviciilor interne ale C.T.E.

V. I. Ivanov, G. V. Micufki, E. D. Sapir, V. L. Fabricant și *A. M. Fedoseev* (U.R.S.S.): Protecția prin relee cu dispozitive semiconductoare.

CONCEPȚIA ȘI FUNCȚIONAREA SISTEMELOR; STABILITATE

D. A. Gheorghiev și *B. St. Kostov* (Bulgaria): Metodă pentru determinarea în perspectivă a puterilor totale de instalat într-un sistem electroenergetic, la scară națională.

J. K. Dillard și *H. K. Sels* (S.U.A.): Noi perspective pentru studiul sistemelor.

K. Szendy și *B. Bokay* (Ungaria): Condițiile de stabilitate statică și dinamică pentru o rețea cu mai multe grupuri.

A. Greselin (Italia): Influența caracteristicilor rețelelor și a sistemelor de reglare asupra menținerii frecvenței și puterilor de schimb pe marile artere de interconexiune.

I. Hano, C. Venosono și *H. Ioshikawa* (Japonia): Abateri optime la autosincronizarea generatoarelor sincrone conectate la rețelele de transport.

I. Obradovici, M. Mesarovici, J. Kalid și *S. Spiridonovici*: (Jugoslavia): O nouă metodă de determinare experimentală a funcției de transfer a unei rețele de transport de energie electrică.

L. Wedeen (Suedia) şi *Voipio* (Finlanda): Reglarea reţelelor interconectate ale Suediei şi Finlandei.

V. A. Venikov, G. F. Gherţenberg, M. P. Costenko, L. F. Neiman, S. A. Sovalov şi *N. I. Sokolov* (U.R.S.S.): Reglarea excitaţiei maşinilor sincrone în sistemele energetice ale Uniunii Sovietice.

SUPRATENSIUNI ATMOSFERICE

D. Hillebrand (Suedia), *O. Johansen* (Norvegia) şi *E. Saraoja* (Finlanda): Rezultatele măsurătorilor efectuate cu contoare de descărcări atmosferice în Suedia, Norvegia şi Finlanda.

TENSIUNI FOARTE ÎNALTE

Comisia de plan a societăţii germane de interconexiune (Germania): Consideraţii tehnice asupra transportului de energie electrică în curent alternativ trifazat la tensiuni mai mari ca 380 kV în Germania.

I. G. Thornton şi *W. Diesendorf* (Australia): Reţeaua de transport de 330 kV în Australia.

*** (S.U.A.): Reţelele de transport la 345 kV ale societăţilor „American Electric Power Company" şi „Ohio Valley Electric Corporation".

P. A. Abetti (S.U.A.): Cercetări practice asupra tensiunilor foarte înalte.

J. Esparbet şi *R. Langlois-Berthelot* (Franţa): Echipamentul de 380 kV în reţeaua franceză; probleme privind autotransformatoarele de 380/225 kV.

V. V. Burgsdorf, L. V. Egorova, N. P. Emelianov şi *N. N. Tihodeev* (U.R.S.S.): Studii ale efectului Corona asupra liniilor de transport la foarte înaltă tensiune.

A. B. Crikuncik, S. S. Rokotian şi *J. A. Iakub* (U.R.S.S.): Unele probleme privind transportul de energie electrică la distanţe mari în U.R.S.S.

N. J. Mc. Murtrie şi *J. G. Cassan* (Canada): Proiectul „Coldwater" al Comisiei Hidroelectrice a lacului Ontario (Cercetări cu privire la linia experimentală de 600 kV).

L. Norlin, B. Nordstrom şi *R. Graden* (Suedia): Studii de stabilitate asupra reţelei de transport suedeze de 400 kV.

TRANSPORT LA CURENT CONTINUU

H. Witt (Suedia): Izolatoare pentru curent continuu; comparaţie cu cele de curent alternativ.

E. S. Grois, A. V. Posse şi *V. E. Tureţki* (U.R.S.S.): Linia de transport Stalingrad-Donbass în curent continuu la 400 kV.

R. Tellier şi *J. Sallard* (Franţa) *D. M. Cherry* şi *C. C. Barnes* (Anglia): Probleme tehnice ridicate de liniile submarine în curent continuu la înaltă tensiune.

*

Din ţara noastră se prezintă două rapoarte şi anume:

Gh. Hortopan: „O relaţie nouă privind încercarea la impuls de tensiune a transformatoarelor.

E. Constantinescu şi *N. Borza*: „Coeficienţii de siguranţă economici ai liniilor electrice aeriene".

Conf. univ. **C. Mihăileanu**

Din activitatea ASIT

CZ. 621.313.002.2 : 061.2/3 (498)

DARE DE SEAMĂ

cu privire la consfătuirea **„Căi şi metode noi în construcţia de maşini, pentru reducerea greutăţii proprii"** *organizată de ASIT, secţia Construcţii de maşini, la 2—3 noiembrie 1959, Bucureşti*

Referatele prezentate la această consfătuire au fost: 1. Prof. ing. *I. Grosu*, preşedintele secţiei de construcţii de maşini: *Căi şi metode noi în construcţia de maşini, pentru reducerea greutăţii proprii.* 2. Ing. *Şoneriu*, I.T.C.M.E.: *Corelaţia greutăţii proprii a autocamioanelor şi tractoarelor agricole pe roţi, cu parametrii de exploatare ai acestora.* 3. Ing. *C. Million*, Ministerul Industriei Grele: *Reducerea greutăţii proprii a maşinilor prin construcţie sudată.* 4. Ing. *Cl. Ştefănescu*, I.T.C.M.E.: *Utilizarea fontelor superioare în construcţia de maşini, în vederea reducerii greutăţii proprii.* 5. Ing. *Fr. Simoca*, Ministerul Industriei Grele: *Căi pentru reducerea greutăţii proprii a utilajelor şi maşinilor agricole.* 6. Ing. *C. Lazăr*: Comunicare din partea Uzinei Semănătoarea — Bucureşti. 7. Ing. *G. Kassardjian*: Comunicare din partea Uzinei Ernst Thälmann — Oraşul Stalin. 8. Ing. *A. Bublic*, I.T.C.M.E.: *Problema reducerii de greutate a utilajului petrolifer.* 9. Ing. *I. Bălănescu*, Uz. Mao Tze-dun, Bucureşti: *Căile, reducerii greutăţii proprii la podurile rulante.* 10. Ing. *D. Tiron* Uzinele 23 August: *Supraalimentarea, mijloc de mărire a puterii şi economicităţii motoarelor.* 11. Ing. *M. Georgescu:* Comunicare din partea Uz. 23 August—Bucureşti. 12. Ing. *Gh. Timco:* Comunicare din partea Uz. Steagul Roşu—Or. Stalin. 13. Ing. *A. Kaflikievici*: Comunicare din partea Uzinei I. Rangheţ — Arad. 14. Ing. *Şt. Grosu*: Comunicare din partea Uzinei Electroputere — Craiova.

Participanţii la consfătuire, fie prin referatele susţinute, fie la discuţii, au scos în evidenţă în special aspectele specifice în legătură cu problemele ridicate, ale sectorului unde activează. Din referatele ţinute se desprind următoarele: În industria constructoare de maşini s-au obţinut în ultimii ani, şi în special după Congresul al II-lea al P.M.R. şi plenara C.C. a P.M.R. din noiembrie 1958, o serie de succese în direcţia reducerii greutăţii proprii a maşinilor şi utilajelor produse în ţară şi a ridicării performanţelor unora dintre acestea la nivelul produselor moderne, din străinătate. Aşa, spre exemplu, în domeniul petrolifer s-a realizat de I.T.C.M.E., instalaţia de foraj 4LD—150, la care prin reproiectare după noi principii s-a redus greutatea substructurii de la 43 t la 34 t, adică cu 21%, iar întreaga instalaţie, în aceeaşi componenţă, este mai uşoară decît tipul anterior 5D, cu toate că posedă parametri de exploatare mult ridicaţi. La tractorul UTOS—26 de 45 CP pînă la 1.X. 1959 s-a obţinut o reducere a greutăţii de 5,5%, faţă de greutatea din trim. I. 1958.

Cu toate acestea, în domeniul construcţiei de maşini şi utilaje se constată totuşi unele rămîneri în urmă în ceea ce priveşte performanţele şi greutatea proprie a unor produse. Astfel, vagoanele de călători şi de marfă produse în ţară, cum şi motoarele Diesel de la uzinele „Timpuri Noi" şi „23 August" au o greutate specifică sensibil mai mare decît motoarele moderne similare. Aceste deficienţe se datoresc atît metodelor de calcul şi proiectare aplicate, cît şi greutăţilor întîmpinate de proiectanţi în lipsa unor materiale de calitate şi a sortimentelor proprii adecvate.

Din cele expuse s-a mai putut trage concluzia că multe din cauzele care împiedică modernizarea maşinilor sînt cauze vechi, iar remedierea urmărilor lor se poate face prin metode cunoscute de multă vreme: o mai bună organizare, coordonare între sectoarele care contribuie la producţia maşinilor, îmbunătăţirea activităţii sectorului producător de materiale, studii mai amănunţite, mijloace pentru încercarea rezistenţei materialelor, semifabricatelor şi maşinilor în institute sau la nivelul uzinelor şi ameliorarea unor standarde. Rivalitatea dintre construcţia prin sudură şi cea pe bază de turnare n-a fost tranşată, urmînd ca, de la caz la caz, pe bază de analiză să se aleagă soluţia cea mai potrivită. S-a scos în evidenţă importanţa folosirii fontei nodulare şi a maselor plastice.

Referatul privind construcţiile electrotehnice, al delegatului Uzinei „Electroputere" — Craiova conţine elemente pe care cititorii le pot afla în mare măsură din nr. 11/1959 al revistei „Electrotehnica", din care cauză nu mai insistăm asupra lui.

Faptul că au fost discutate multe probleme reale dar cu caracter de noutate mai puțin pronunțat nu micșorează însemnătatea conferinței, pentru că din discuții s-au clarificat multe puncte de vedere, s-au împărtășit experiențe, s-au sugerat soluții și s-a creat o atitudine de ansamblu mai combativă în legătură cu introducerea tehnicii noi.

Considerăm că deși s-a pus în discuție, a reieșit din referate, și a fost trecută în rezoluție, necesitatea amplificării cercetării tehnico-științifice în general și în special la nivelul uzinelor, a realizării de prototipuri — uneori atunci cînd este necesar mai multe în serie pentru aceeași mașină — nu a ieșit în relief în proporție directă cu importanța pe care o prezintă.

Participarea la consfătuire a unor membri ai altor secții ASIT, cu activitate legată de problemele discutate, a fost foarte redusă. Considerăm că pe viitor în legătură cu consfătuirile pe secții ASIT va trebui să se dea o importanță mai mare colaborării dintre secții, aceasta constituind un mijloc important pentru schimburile de idei și de ajutor reciproc.

În general se poate aprecia că această consfătuire s-a bucurat de succes și va fi urmată de rezultate practice.

Ing. Șt. Grosu

Brevete

CZ 531.768 : 621.313.044.3

Mașină de echilibrare dinamică cu cadru electric. Brevet R.P.R. 40700, înreg. 21.04.1955, public. 11.09.1959. Titular Min. Ind. Grele. Autor Ing. *Dan Teodorescu.*

La această mașină determinarea parametrilor dezechilibrului (cuplu dezechilibrant în g f cm și faza dezechilibrului în grade) se face prin compensarea pe cale electrodinamică a componentei orizontale a forțelor dezechilibrante în palierele de susținere a rotorului și prin transpunerea lor pe cale electrică (cadru electric) în palierele de echilibrare.

Compensarea forțelor dezechilibrante nu se face deci în palierele de echilibrare a rotoarelor, ci în palierele de susținere, transpunerea forțelor de compensare din palierele de susținere în palierele de echilibrare făcîndu-se pe cale electrică (cadru electric) prin reglarea tensiun i care alimentează una dintre cele două bobine ale dispozitivului de compensare electrodinamică.

Tararea „cadrului electric" se face cu ajutorul unui rotor etalon, constituit dintr-un ax cu 2 șaibe care se pot deplasa în lungul axului pentru a aduce în planele de echilibrare corespunzătoare rotoarelor de echilibrat o greutate dezechilibrată etalonată, caracterizată prin aceea că, în operația de tarare, rotorul etalon se așază pe lagărele de lucru în locul rotoarelor de echilibrat și prin reglarea potențiometrică a tensiunii aplicate celei de-a doua bobine a dispozitivului de compensare, pînă la completa liniștire a rotorului etalon, se obține tararea mașinii, cu posibilitatea de a se alege diferite scări de măsurare pentru măsurarea dezechilibrului.

În comparație cu alte mașini de echilibrare, pe lîngă calitățile de ușurință de manipulare și precizie ridicată caracteristice sistemelor electrice, mașina de echilibrat inventată prezintă următoarele avantaje:

1) transpunerea automată pe cale electrică a forțelor compensatoare din palierele de suspensie în palierele de echilibrare;

2) o simplificare considerabilă a părții mecanice a mașinii prin înlocuirea cadrului mecanic cu „cadrul electric";

3) o mare sensibilitate datorită pe de o parte factorului ridicat de amplificare a oscilațiilor citite, iar pe de altă parte, datorită coeficientului redus de amortizare a oscilațiilor;

4) mai multe scări de sensibilitate liniare, ceea ce permite citirea dezechilibrului cu o mare precizie.

T. P.

CZ 621.317.45

Sondă rotativă pentru măsurarea neomogenității cîmpului magnetic. Brevet R. Cehoslovacă, nr. 87982. Data înregistrării: 27 aprilie 1957. Data publicării: 15 decembrie 1958. Titular: Statul cehoslovac. Autorul: *Kaczer J.*

Neomogenitatea cîmpului magnetic se măsoară de regulă cu sonde vibrante, care au însă dezavantajul că necesită un motor vibrant complicat cu un generator special și un amplificator puternic. Invenția de față înlătură aceste dezavantaje ale sondelor vibrante. Sonda inventată acum folosește două bobine paralele conectate în sens opus și care se rotesc în jurul unei axe care este paralelă cu axele bobinelor. Cîmpul neomogen induce în bobine o tensiune anumită care poate fi măsurată ușor. Avantajele noii sonde constau în faptul că se folosește un motor sincron simplu pentru acționarea bobinelor, iar dacă se mai adaugă și o a treia bobină cu axa perpendiculară pe axa de rotație, aparatul poate fi folosit atît pentru măsurarea neomogenității cîmpului, cît și a cîmpului ca atare.

T. P

CZ 621.314.222.3.027.8.045.5

Transformator pentru instalații de foarte înaltă tensiune. Brevet austriac, nr. 20 2221. Inreg. 7.10.1956. Public. 10.2.1959. Titular: Brown Boveri & Cie, Baden.

În tehnica curenților de înaltă tensiune se obișnuiește a se măsura curentul și tensiunea cu ajutorul unor transformatoare. Este știut că transformatoarele pentru înaltă tensiune devin scumpe pentru că problema izolației se complică. De la 150 kV în sus astfel de transformatoare sînt foarte scumpe. Invenția rezolvă problema printr-o construcție ieftină și simplă. Invenția constă în faptul că înfășurarea secundară a transformatorului este un bobinaj magnetic închis, cu spațiu și distribuire aproape constante și cu un submiez de fier subîmpărțit în mod egal prin fante de aer. Bobina de măsurare are un diametru constant de-a lungul întregii sale lungimi, iar distanța dintre fiecare spiră este constantă. Se știe că o bobină bobinată în astfel de condiții poate să devieze de la forma torului, luînd orice altă formă, cu condiția ca conductorul curentului care urmează a fi măsurat să fie complet ocolit. Trebuie numai să se aibă grijă ca distanța dintre conductor și bobină să fie destul de mare pentru a nu da loc la scurtcircuitări. Pentru a obține valori juste cu astfel de bobine de măsurare, este necesar ca sarcina să fie mică. Ele se vor cupla cu instrumente de măsură pentru curenți foarte slabi.

T. P.

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU, prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, prof. dr. ing. A. AVRAMESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R. (redactor responsabil), ing. V. BUNEA, laureat al Premiului de Stat, prof. dr. ing. V. CORLĂȚEANU, ing. ST. GROSU, conf. ing. GH. HORȚOPAN, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. G. LAZARIDE, prof. dr. ing. R. RĂDULEȚ, membru corespondent al Academiei R.P.R. laureat al Premiului de Stat.

Revista „ELECTROTEHNICA", organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Grele. Editor: Asociația Științifică a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. Redacția: București, Str. Ion Ghica Nr. 3. Telefon 16.78.78. Administrația și Casieria: București, Calea Victoriei Nr. 118 Telefon 14 06 24. Redacția își rezervă toate drepturile privind lucrările precum și materialul grafic-ilustrativ apărut în revistă cît și privitoare la traducerea în limbi străine. Se admit extrase, referate sau comentarii numai cu indicarea completă a sursei. Revista apare lunar. Abonamentul anual: pentru întreprinderi lei 100, individuale lei 30. Prețul unui exemplar: lei 5. Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediile filialelor ASIT, precum și la responsabil cu presa din cercurile ASIT. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinetele tehnice în contul nostru de virament: Publicațiile Tehnice ASIT-070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin București. Tiparul: Întreprinderea Poligrafică Nr. 2.

I. P. 2, c. 5000

SOMMAIRE

CD 621. 313.32.044.53 :621.317.334.011.2

Pololea E. : **Deux méthodes pour déterminer la réactance transversale de la machine synchrone à pôles apparents**

Electrotehnica, **8** (1960) 2, 41–45

On présente deux méthodes de détermination de la réactance transversale des machines synchrones à pôles apparents, à l'aide d'un montage simple qui ne nécessite, comme appareils de mesure, que des voltmètres et des ampèremètres. Elles utilisent les résultats expérimentaux obtenus à la détermination de la caractéristique externe dans les conditions particulières suivantes : la génératrice est faiblement excitée et fonctionne dans la région linéaire de sa caractéristique d'aimantation, la génératrice fonctionne avec cos $\varphi = 1$.

CD 621.313.223.1.044.61

Novac I. : **Considérations sur la détermination des dimensions de l'interstice d'air dans le corps des pôles des machines à courant continu autoexcitées avec la caractéristique magnétique spéciale**

Electrotehnica, **8** (1960) 2, 46–51

En utilisant la méthode des représentations conformes, on démontre que, dans le cas d'un interstice d'air pratiqué dans le corps d'un pôle de machine à courant continu, une partie des lignes de force se renferme à l'extérieur du pôle. En s'appuyant sur les résultats obtenus on conclut qu'il est recommandable que cet interstice soit placé au milieu du pôle ou bien vers la base du pôle.

Dans cet article on établit les relations de calcul nécessaires pour la détermination des dimensions de l'interstice, en tenant compte aussi de la valeur du flux qui contourne, à l'extérieur, la zone de l'isthme.

CD 621.314.211 :621.791.735

Stoleru S. : **Transformateur pour soudure manuelle à arc électrique TASM-300**

Electrotehnica, **8** (1960) 2, 52–57

On présente le nouveau transformateur de soudure manuelle construit à l'établissement „Electrotehnica". On donne les résultats des essais effectués à la plate-forme d'essai.

CD 621.3 :551.594.1/2

Grosu Şt. : **Considérations concernant certains phénomènes d'électricité atmosphérique**

Electrotehnica, **8** (1960) 2, 57–62

L'auteur fait une présentation synthétique des plus plausibles hypothèses et théories concernant les phénomènes électriques de l'atmosphère et expose certains de ses propres points de vue, regardant le mode de production des surtensions dans l'atmosphère, la foudre globulaire et certaines possibilités d'utilisation de l'électricité atmosphérique.

NOTES

CD 621.314.224.3 :621.317.312.088.22

Sémlyen A. : **Observations relatives à la détermination des expressions des erreurs des transformateurs de courant non-compensées**

Electrotehnic, **8** (1960) 2, 62–64

CD 621.3.011 : 538.312

Nicolaide A. : **Une démonstration des expressions des potentiels éelectrodynamiques**

Electrotehnica, **8** (1960) 2, 65–67

On donne une démonstration simple des expressions générales des potentiels électrodynamiques en utilisant le calcul opérationnel.

DOCUMENTATION, 67–69
CHRONIQUE, 70–71
ACTIVITÉS DE L'ASIT, 71–72
BREVETS, 72

CZ 621.3 ELECTROTEHNICĂ GENERALĂ

CZ. 53:621.317.081.4

Sena L.A. :

Compararea şi avantajele diferitelor sisteme de unităţi. Electricestvo (1959) 6, 23—27.

CZ 621.3.017.71 :621.314.21

Latek W. :

Determinarea creşterii temperaturii în transformatoare prin metoda substituţiei. Przegl. Elektrotechn. 35 (1959)3,99—103

CZ. 621.3.014.3:537.523.5

Wroe H. :

Stabilizarea magnetică a arcurilor de joasă presiune în c.a. Brit. J. of Appl. Phys. 9 (1958) 12, 488—491.

CZ 621.313 MAŞINI ELECTRICE

CZ. 621.313.223.013.8:621.385

Kuniţki N.P. :

Parametrii unui sistem electronic de excitaţie pentru flux redus al motoarelor. Electricestvo (1959) 6, 9—13.

Isaiev I.P., Gorceakov E.V. :

Instabilitatea creşterii temperaturii în motoarele de traeţiune ale locomotivelor electrice. Electricestvo (1959) 6,54—59.

CZ 621.313 :536.5.001.573

Lontai E. :

Măsurarea temperaturii de serviciu în maşini electrice cu ajutorul metodelor analoge. Mérés és Automatika 7 (1959) 2—3, 52—55.

CZ 621.313.33.029

Ben Uri J. :

Funcţionarea maşinilor asinerone la frecvenţă redusă. Österreich. Z. Elektr. 12 (1959) 4. 245—250.

CZ 621.314.1/.3 TRANSFORMATOARE ELECTRICE

CZ 621.314.2.027.8

Vales J. :

Transformatoare pentru puteri şi tensiuni foarte mari. Electrotechn. Obz. 48 (1959) 5, 228—233.

CZ 621.314.224.3.089.6

Heintz W. :

Influenţa curenţilor capacitivi asupra preciziei măsurării la reductoare de măsură pentru înaltă tensiune. Z.f. Instrumentenkunde 66 (1958), 10—12.

CZ 621.314.224.8.014.3

Kopecek J. :

Evoluţia construcţiilor de reductoare de curent rezistente la scurtcircuit realizate la Uzina „V.I. Lenin" Plzen. Elektrotechn. Obz. 48 (1959) 5, 234—240.

CZ 621.315.61/.62 MATERIALE IZOLANTE. IZOLATOARE

CZ. 621.315.611

Vodopianov K.A. :

Metode pentru îmbunătăţirea proprietăţilor dielectrice ale dielectricilor anorganici solizi. Electricestvo (1959) 6, 63—68.

CZ 621.315.626.1

Morgenstern G. :

Izolatoare de trecere multitubulare pentru tensiuni înalte. Electrie 13 (1959) 6, 207—211.

CZ. 621.315.614.73:621.313

Mantrov M.I. :

Variaţia cu îmbătrînirea termică a duratei de viaţă a izolaţiei maşinilor electrice. Electricestvo (1959) 6, 68—71.

CZ 621.315.684 (09)

Grobl J.

Bornele transformatoarelor. Elektrizitätswirtschaft 58(1959) 8, 260—262.

CZ 621.316.3/.5 INSTALAŢII. APARATAJ

CZ. 621.316.7.001.4

Cernîşov N.M. :

Reţele echivalente pentru încercarea întreruptoarelor în regim de întrerupere a liniilor în sarcină. Electricestvo (1959) 6, 40—47.

CZ 621.316.3.027.26 (083.7)

Wagner G.:

Definiţii şi denumiri ale produselor electrotehnice folosite în instalaţiile de joasă tensiune. Electr e 13 (1959) 6, supl. Elektrofertigung, 41—44.

CZ 621.316.5.014.36

Hilgarth G.:

Despre încălzirea locurilor de contact ale contactelor role. Elektrotechn. Z.-A 80 (1959) 10, 301—305.

CZ 621.316.5.064.4.024

Wegmann F.:

Cercetări asupra arcului în noi camere de stingere pentru întreruptoare rapide de curent continuu. Elektrotechn. Z.-A 80 (1959) 10, 289—295.

CZ 621.316.545 : 621.316.57 : 621.3.064.5

Snajdr F.:

Evoluţia întreruptoarelor şi secţionoarelor pneumatice. Elektrotechn. Obz. 48 (1959) 5, 256—261.

CZ 621. 316.57.064.45 :621.317.6

Barta K., Kulhanek V., Vyleta M.:

Metode de încercare de serie şi de tip pentru întreruptoarele pneumatice la Uzinele „V.I. Lenin" Plzen. Elektrotechn. Obz. 48 (1959) 5, 240—247.

CZ 621.316.9 PROTECTIE

CZ 621.316.92 :621.313.322 :621.3.014.7

Pytel J.:

Protecţia generatoarelor împotriva punerilor la pământ cu ajutorul reductorului de curent Ferranti. Przegl. Elektrotechn. 35 (1959) 3, 93—99.

CZ. 621.316.98.—213.4

Glinski S.:

Probleme esenţiale privind protecţia împotriva trăsnetelor a clădirilor cu pericol de explozie. Przegl. Elektrotechn. 35 (1959) 5, 221—222.

CZ. 621.316.923.1.004.12

Baxter H. W.:

Parametrii performanţelor fuzibilelor. Electr. Times 135 (1959) 3524, 827—828.

CZ 621—317 TEHNICA MĂSURĂTORILOR ELECTRICE

CZ 621.317.333.8 :621.314.2

Hrbek B., Barta K., Ronovsky J.:

Încercări de impuls şi dinamice asupra transformatoarelor la Uzinele „V.I. Lenin" Plzen. Elektrotechn. Obz. 48 (1959) 5, 248—256.

CZ 621.317.43 : 621.318.22

Neubehler G.:

Echipament pentru măsurarea şi sortarea tablelor de fier. Siemens-Z. 33 (1959) 5, 346—348.

CZ 621.317.7 INSTRUMENTE. APARATE DE MASURA

CZ. 621.317.82

Akopian A.A.:

Un circuit pentru producerea undelor de tensiune de formă specială. Electricestvo (1959) 6, 76—77.

CZ 621.319 APLICAŢII INDUSTRIALE ALE ELECTROSTATICII. CONDENSATOARE

CZ 621.319.4 :621.317.335

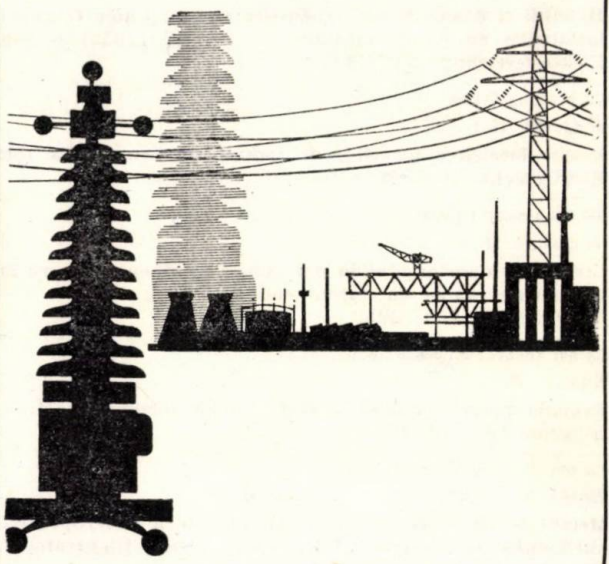
Katona J.:

Măsurarea capacităţii şi unghiului de pierderi al condensatoarelor cu o punte de impedanţe de curent alternativ echilibrată electronic. Mérés és Automatika 7 (1959) 2—3, 44—51.

CZ 621.319.4.015.532

Neumann H., Smolka J.:

Influenţa tensiunii de ionizare asupra dimensionării dielectricului condensatoarelor. Electrie 13 (1959) 6, 212—218.



Tîrgul industrial de mostre german

HANOVRA

TOATE DOMENIILE DE
PRODUCERE ŞI DE
TRANSFORMARE A
ELECTRICITĂŢII,
DE DISTRIBUŢIE DE CURENT
ŞI DE APLICARE A
ENERGIEI ELECTRICE
INCLUSIV ELECTRONICA

24 APRILIE — 3 MAI

1960

INTRERUPTOR PENTRU PROTECȚIA MOTOARELOR 6-25 A, 500 V

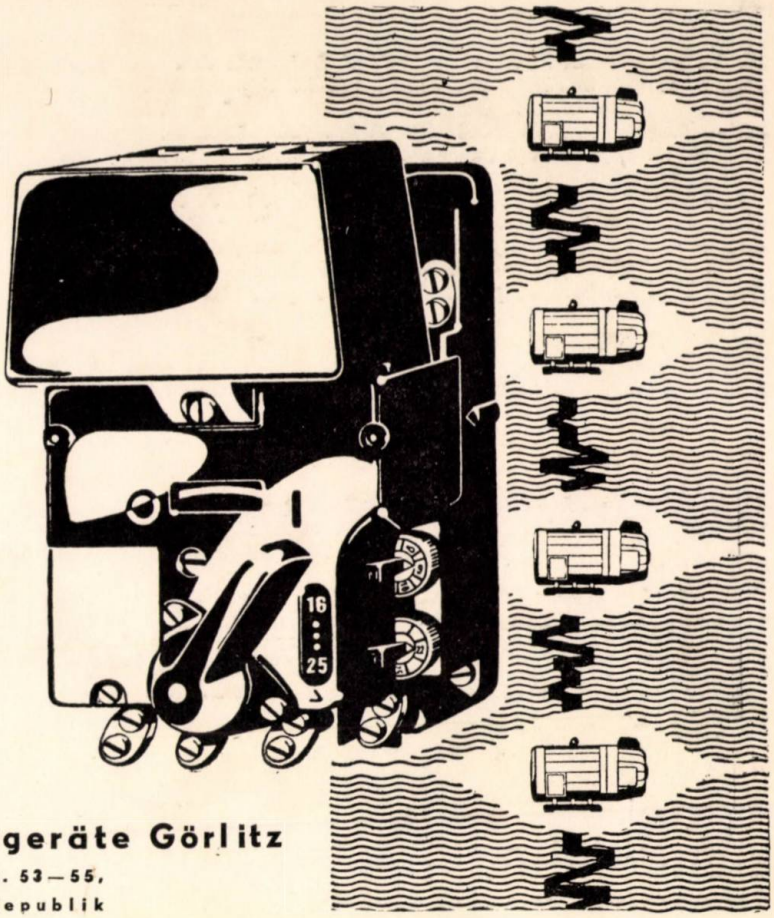
Corespunzătoare tuturor exigențelor, noile noastre întreruptoare de protecție a motoarelor posedă puteri mari de rupere. Întreruptorul pentru protecția motoarelor de 25 A are în prezent un întreruptor auxiliar, declanșator de supracurent și posibilități de folosire ca declanșator de tensiune minimă, de tensiune nulă sau de supracurent.

Informații la:

Ambasada Republicii Democrate Germane în Republica Populară Romînă, Secțiunea de Politică Comercială, București, Calea Dorobanților nr. 14

Exportator:

Deutscher Innen- und Aussenhandel Elektrotechnik Berlin C 2, Liebknechtstrasse 14



VEB Elektroschaltgeräte Görlitz

Görlitz 6, Reichenbacher Str. 53—55,
Deutsche Demokratische Republik

A APĂRUT

MANUALUL INGINERULUI ELECTRICIAN

VOL. VIII

ELECTRIFICAREA ȘI AUTOMATIZAREA ÎN ÎNTREPRINDERILE INDUSTRIALE

EDITURA TEHNICĂ
BUCUREȘTI
1959

VOLUMUL VIII INCHEIE SERIA VOLUMELOR CARE FORMEAZĂ MANUALUL INGINERULUI ELECTRICIAN. ACEST MANUAL, UNIC IN FELUL SĂU IN LITERATURA MONDIALĂ, OFERĂ INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR UN SPRIJIN EFICACE IN MUNCA DE PROIECTARE ȘI EXPLOATARE IN DOMENIUL ELECTROTEHNICII CURENȚILOR TARI.

1476 pagini 91,50 lei

Lei 5

E 2040

REFERALVA

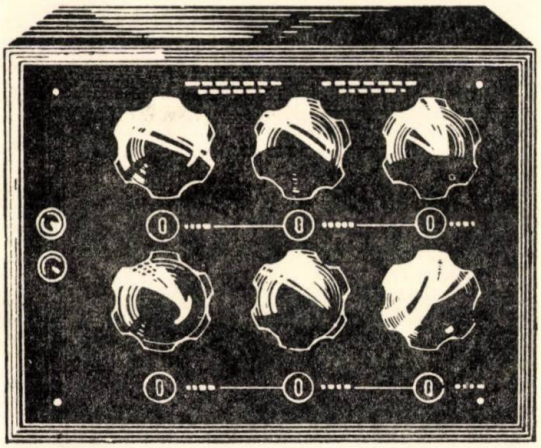
ELECTROTEHNICA

R

3

Electrotehnica — Bucureşti ★ Anul 8 ★ nr. 3 ★ p. 73—108 ★ martie 1960

REZISTENȚA DE PRECIZIE CU MANIVELĂ



ÎȘI
GĂSEȘTE
UTILIZAREA
ÎN TOATE DOMENIILE
ȘTIINȚEI ȘI TEHNICII.
REZISTENȚA DE PRECIZIE CU
MANIVELĂ POATE FI UTILIZATĂ
PENTRU CURENT CONTINUU
ȘI ALTERNATIV PÎNĂ
LA FRECVENȚA
DE 10000
Hz.

Deutscher Innen- und Aussenhandel

Elektrotechnik

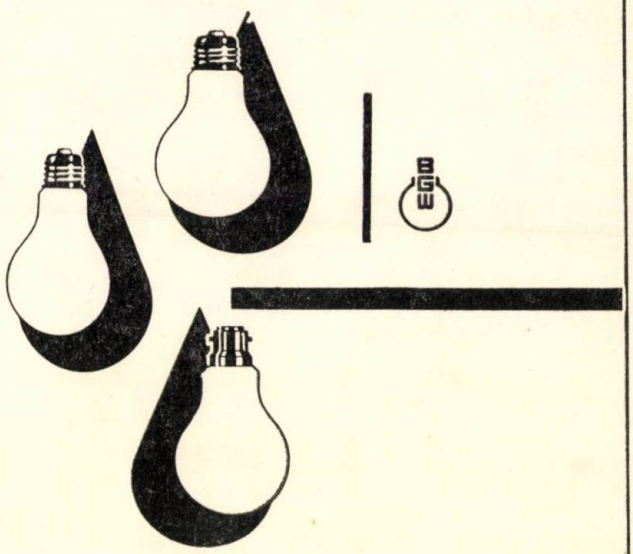
BERLIN C 2, LIEBKNECHTSTRASSE 14
DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK

ADRESA:

AMBASADA REPUBLICII DEMOCRATE GERMANE
SECȚIA COMERCIALĂ
Calea Dorobanților 14 București

LĂMPI DE UZ COMUN

Lămpile de uz comun mai ocupă
— cu toate modificările survenite locul
cel mai amplu în tehnica iluminatului.
In **Fabrica de becuri electrice din**
Berlin se construiesc în fabricație
de mare serie lămpi de uz comun
pentru toate domeniile de tensiune
uzuale, cu puteri de 15 — 200 W
destinate tuturor țărilor din lume.



Informații:

AMBASADA REPUBLICII DEMOCRATE GERMANE
Secția Comercială — București — Calea Dorobanților, 14

RFT
Elektrotechnik

ELECTROTEHNICA

Anul 8 nr. 3 martie 1960

CUPRINS

CZ. 62:061.25.053

Ședința lărgită a Consiliului Central ASIT. Unele concluzii privind activitatea ASIT

Electrotehnica 8 (1960), 73–74

CZ. 621.311.1 : 539.172 :620.92

G. Ionescu : **Despre posibilitatea folosirii reacțiilor termonucleare dirijate pentru obținerea de energie electrică**

Electrotehnica 8 (1960) 3, 75–89

În articol sînt prezentate calculul energiei care poate fi produsă prin reacții termonucleare, reactoarele de fuziune și instalațiile utilizate pentru producerea și studierea reacțiilor termonucleare în plasmă. Materialul prezentat se bazează pe cele mai noi date publicate în literatura de specialitate și mai ales pe rezultatele comunicate la Conferința de la Geneva din septembrie 1958. Numeroase figuri și o bibliografie amplă completează expunerea.

CZ. 621.3.017.71 :621.3.014.36.004

D. Marlac : **O metodă nouă pentru calculul stabilității termice la scurtcircuit a conductoarelor electrice**

Electrotehnica 8 (1960) 3, 89–94

Elementele originale ale noii metode prezentate în articol sînt :

— Introducerea în calculul „solicitării termice specifice" a încă unui parametru care să țină seama de evoluția reală a curentului de scurtcircuit în timp.

— Introducerea în calculul „rigidității termice specifice a variației reale cu temperatura atît a căldurii specifice cît și a rezistivității, cum și luarea în considerare a coeficientului de efect pelicular.

CZ 621.316.93

S. Donici și *M. Mihăescu* : **Rezistențe neliniare de șuntare folosite în descărcătoarele indigene**

Electrotehnica 8 (1960) 3, 94–98

În articol se tratează problema rezistențelor de șuntare neliniare folosite în descărcătoarele cu rezistență variabilă moderne.

După ce se arată rolul și importanța lor în construcția descărcătoarelor, se descrie modul în care a fost rezolvată această problemă la noi în țară, în cadrul Institutului de Cercetări Electrotehnice. Se dau date comparative asupra performanțelor obținute în urma utilizării a două tehnologii diferite, scoțîndu-se în evidență superioritatea tehnologiei în care a fost folosită ca liant rășina epoxi.

NOTE

CZ 621.314.213.045.53.006.41

D. Cîrstea : **Considerații asupra încercării transformatoarelor de putere cu trei înfășurări**

Electrotehnica 8 (1960) 3, 99–102

REFERATE, 102

DOCUMENTARE, 103–105

CRONICA, 106–108

CONTENTS

DC 62:061.25.053

Enlarged Session of ASIT. Some conclusions about ASIT's activity
Electrotehnica 8 (1930) 3, 73—74

DC 621.311.1 :539.172 :620.92

G. Ionescu : **On the possibility of using the controlled thermonuclear reactions for obtaining electrical power**
Electrotehnica 8 (1960) 8 75—89

In this paper the author is presenting the calculus of the energy which may be produced by thermo-nuclear reactions, fusion reactors and the installations used for producing and studying the thermonuclear reactions inside the plasma. The matter presented is based on the latest data published on the results communicated at the Geneva Conference of September 1958. Numerous figures and an ample bibliography complete the exposition.

DC 621.3.017.71 :621.3.014 36.04

D. Marlac : **A new method of calculating the short-circuit thermal stability of electrical conductors**
Electrotehnica 8 (1960) 3 89—94

The original features of the new method presented in this paper are :

— introduction into the calculus of „the specific thermal stress" of one more parameter which has to take into consideration the real evolution in time of the short-circuit current ;

— introduction into the calculus of „the specific thermal rigidity" of the real variation with the temperature both of the specific heat and of the resistivity, as well as taking into account the skin effect coefficient.

DC 621.316.93

S. Donici and *M. Mihăescu* : **The non-linear shunt resistors used in indigenous arresters**
Electrotehnica 8 (1960) 3 95—98

The paper deals with the problem of the nonlinear shunt resistors used in the modern lightning arresters with variable resistance.

After having shown their role and importance in the construction of arresters, the authors describe the way in which this problem was solved in our country, at the Electrical Engineering Research Institute. Comparative data are given on the performances obtained in consequence of the use of two different techniques, in emphasizing the superiority of the technique wherin an epoxy resin was used as binding matter.

NOTES,

DC 611.314.213.046.53.006.41

D. Cîrstea: **Some considerations on testing 3-windings power transformers**
Electrotehnica 8, (1960) 3, 99—102

RAPPORTS, 102

DOCUMENTATION, 103—105

CHRONICLE, 106—108

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 6:061.25.053

Расширенное заседание Центрального Совета АСИТ. Некоторые заключения одеятельности АСИТ

Electrotehnica 8 (1960) 3, 73–74

ДК 631.311.1:539

C. Ionescu: **О возможности использования направленных термоядерных реакций для получения электроэнергии**

Electrotehnica 8 (1960) 3, 75–89

Показан расчет энергии, получаемой при помощи термоядерной реакции. Описаны термоядерные реакторы и установки для производства и изучения термоядерных реакций в плазме. В основу изложения легли новейшие данные, опубликованные в специальной литературе, главным образом доклады представленные на Женевской конференции в 1958 г. Изложение дополнено рисунками и обширным библиографическим материалом.

ДК 621.3.017.71:621.3.014.36.04

D. Martac: **Новый метод расчета теплового сопротивления при коротком замыкании электрических токопроводов**

Electrotehnica 8 (1960) 3, 89–94

Оригинальными элементами нового метода являются:

— Введение в расчет понятия „удельной тепловой напряженности" — дополнительного параметра, учитывающего эффективное развитие во времени токов короткого замыкания;

— введение в расчет „удельной термической устойчивости" фактического колебания в зависимости от температуры как теплоемкости, так и сопротивляемости, а также учет коэффициента поверхностного напряжения.

ДК 621.316.93

S. Donici şi M. Mihailescu: **Нелинейные шунтирующие сопротивления, используемые в разрядниках отечественного производства**

Electrotehnica 8 (1960) 3, 94–98

В статье разбирается вопрос шунтирующих нелинейных сопротивлений, используемых в современных разрядниках непостоянного сопротивления. Указывается их роль и значение в конструкции разрядников, описывается решение данного вопроса в Румынии Электротехническим исследовательским институтом. Приводится сравнение полученных результатов при применении двух различных технологий, причем выявляются преимущества процесса, применяющего в качестве связующего эпоксидные смолы.

ЗАМЕТКИ

ДК 621.314.213.045.53.006.41

D. Cîrstea: **О испытании трансформаторов мощности с тремя обмотками**

Electrotehnica 8 (1960) 3, 99–102

РЕФЕРАТЫ, 102

ДОКУМЕНТАЦИЯ, 103–105

ХРОНИКА, 106–108

INHALTVERZEICHNIS

DK 6:061.25.053

Die erweiterte Sitzung des Zentralrates des ASIT. Einige Schlußfolgerungen über die Tätigkeit des ASIT

Electrotehnica 8 (1960), 73–74

DK 621.311.1 :539.172 :620.92

G. Ionescu : **Über die Verwendung der gesteuerten Wärmekernreaktionen zur Erzeugung elektrischer Energie**

Electrotehnica 8 (1960) 3, 75–89

Der Aufsatz bringt die Berechnung der Energie, welche durch Wärmekernreaktionen erzeugt werden kann, ferner die Fusionsreaktoren sowie die verwandten Anlagen zur Erzeugung und zur Untersuchung der Wärmekernreaktionen im Plasma. Der behandelte Stoff beruht auf die neuesten, in der Fachliteratur erschienenen Angaben und besonders auf die an der Genfer Konferenz vom September 1958 mitgeteilten Ergebnisse. Zahlreiche Bilder und eine reiche Literaturangabe vervollständigen die Ausführungen.

DK 621.3.017.71 : 539.17

D. Marlac : **Eine neue Methode zur Berechnung der thermischen Stabilität von elektrischen Leitungen bei Kurzschlüssen**

Electrotehnica 8 (1960). 89–94

Die neuartigen Elemente der im Aufsatz behandelten Methode sind :

– Einführung in die Berechnung der „spezifischen thermischen Beanspruchung" eines neuen Parameters, welcher die wirkliche zeitliche Veränderung des Kurzschlusstromes berücksichtigt.

– Einführung in die Berechnung der „spezifischen thermischen Starrheit" der wahren Veränderung mit der Temperatur der spezifischen Wärme als auch des spezifischen Widerstandes sowie die Berüksichtigung eines Koeffizienten für den Skineffekt.

DK 621.316.93

S. Donici u. *M. Mihăescu* : **Nichtlineare Nebenschlußwiderstände in einheimischen Ableitern**

Electrotehnica 8 (1960) 3, 94–98

Der Aufsatz behandelt das Problem der nichtlinearen Nebenschlußwiderstände, die in den modernen Ableitern mit veränderlichem Widerstand verwendet werden.

Nachdem auf ihre Rolle und Bedeutung beim Bau der Ableiter eingegangen wird, zeigt man die Art, auf welche dieses Problem bei uns, im Institut für elektrotechnische Forschungen gelöst wurde. Dann werden Vergleichsdaten bzgl. der erreichten Leistungen bei Verwendung zweier verschiedener Technologien angegeben und dabei die Ueberlegenheit derjenigen Technologie hervorgehoben, bei der als Bindemittel Epoxiharz verwendet wurde.

NOTEN

CK 611.314.113.045.53.006.41

D. Cîrstea: **Betrachtungen über die Erprobung der Leistungstransformatoren mit 3 Wicklungen**

Electrotehnica 8 (1960) 3, 89–102

AUSZÜGE, 102

RUNDSCHAU, 103–105

NACHRICHTEN, 106–108

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ȘI AL MINISTERULUI INDUSTRIEI GRELE

Anul 8 nr. 3 București, martie 1960

Ședința Lărgită a Consiliului Central ASIT

Unele concluzii privind activitatea ASIT

În ziua de 30 ianuarie a avut loc ședința lărgită a Consiliului Central ASIT, la care au luat parte membrii Consiliului Central, președinți ai filialelor și ai unor cercuri ASIT fruntașe, din Capitală și din țară, reprezentanți ai unor ministere, ai Consiliului Central al Sindicatelor și ai unor instituții și organizații centrale.

Ședința a fost prezidată de tov. prof. dr. ing. *Ștefan Bălan.*

După cuvîntul de deschidere al tov. ing. *Șt. Bălan,* vice-președinte al ASIT, tov. ing. *O. Rusu,* prim secretar al Consiliului Central ASIT, a prezentat darea de seamă cu privire la activitatea depusă de Asociație în anul 1959 și planul de muncă pe anul 1960 *). Raportul de activitate a suscitat ample discuții, la care au luat parte numeroși participanți la ședință. Darea de seamă, ca și discuțiile purtate pe marginea ei, au evidențiat marele volum de muncă depus de cercurile, filialele și secțiile de specialitate ASIT pentru traducerea în viață a sarcinilor plenarelor C.C. al P.M.R. din noiembrie 1958 și iulie 1959, privind dezvoltarea rapidă a economiei țării și ridicarea nivelului de trai.

Lucrările ședinței Consiliului Central ASIT au scos din nou în evidență că sarcina centrală a Asociației este promovarea cu fermitate a tehnicii noi în producție. Numeroși vorbitori au subliniat faptul că organizațiile ASIT trebuie să dea cea mai mare atenție aplicării tehnologiilor noi, mecanizării și automatizării proceselor de producție.

Pentru informarea membrilor ASIT despre dezvoltarea tehnicii noi și aplicarea ei în producție, s-a apreciat ca foarte pozitivă organizarea de sesiuni tehnico-științifice în cercuri; dacă în anul 1959 au fost organizate peste 240 sesiuni tehnico-științifice, s-a cerut ca în anul 1960 fiecare cerc ASIT să organizeze cel puțin o sesiune tehnico-științifică, atrăgînd în organizarea ei oameni de știință, cercetători și specialiști din afara întreprinderilor, care au preocupări legate de producție.

Atrăgînd în jurul lor un activ mai larg de ingineri și tehnicieni, colaborînd mai bine cu organele sindicale și îndrumate mai îndeaproape de organele de partid, cercurile și filialele au fost în măsură în anul 1959 să mobilizeze o masă mult mai mare de muncitori, ingineri și tehnicieni pentru aplicarea largă a tehnicii noi, valorificarea resurselor din întreprinderi și realizarea de economii.

Creșterea volumului activității a fost însoțită de o creștere calitativă a muncii ASIT, orientarea ei a fost mult mai bine precizată în sensul că nivelul ei tehnico-științific a sporit, ca urmare a atragerii mai largi a cadrelor didactice și a specialiștilor din institutele de cercetări și învățămînt tehnic superior.

Din discuții a reieșit că trebuie pus un accent deosebit pe extinderea micii mecanizări, în vederea creșterii productivității muncii și eliminării strangulării în producție.

La acțiunea de introducere a tehnicii noi în producție s-a cerut extinderea experienței pozitive a unor cercuri și filiale ASIT, de creare a brigăzilor de colaborare dintre oamenii de știință și specialiștii din producție.

Conferințele pe ramură care urmează să aibă loc în cursul anului 1960 vor face de asemenea o analiză a nivelului de aplicare a tehnicii noi, stabilind măsuri pentru ridicarea tehnicității în ramurile respective.

O atenție sporită s-a acordat problemelor de proiectare și cercetare, domeniu în care s-au înregistrat progrese însemnate.

Participanții au subliniat că Asociației îi revine sarcina să-i ajute pe proiectanți de a fi înarmați cu cele mai noi realizări din țară și de peste hotare, să întocmească proiecte folosind soluții tehnice moderne și în același timp cu o bună eficiență economică; s-a cerut ca proiectanții să fie atrași într-o mai mare măsură în activitatea ASIT, cum ar fi în consfătuiri, dezbateri, schimburi de experiență etc.

O atenție deosebită se acordă în primul rînd proiectanților din uzine și de la institutele regionale de proiectări.

În privința cercetării s-a cerut să se dezvolte și să se extindă cercetarea în uzine și fabrici, strîns legat de nevoile curente ale producției și de necesitatea aplicării tehnologiilor noi în fabricație.

În ședința Consiliului s-a discutat pe larg și despre dezvoltarea mișcării de inovații în anul care a trecut. După datele Oficiului de Stat pentru Invenții creșterea numărului de propuneri de inovații și a cuantumului economiilor este de numai 5%. S-a arătat că, acolo unde cercurile ASIT nu se ocupă de inovatori într-o suficientă măsură (Combinatul Reșița, Uzina Mao-Tze-dun, Uzina Timpuri Noi și altele), mișcarea de inovații încetinește. A rezultat că cercurile și filialele ASIT trebuie să se ocupe cu toată răspunderea de stimularea și sprijinirea mișcării de inovații, ca pîrghie însemnată a progresului tehnic.

Problemele folosirii rezervelor interne din întreprinderi și reducerii prețului de cost au constituit o preocupare generală în Asociație. ASIT și-a adus contribuția la crearea unei opinii active de masă în rîndul muncitorilor, inginerilor și tehnicienilor în direcția folosirii complete a capacității lor de producție, a reducerii consumurilor specifice de materiale și combustibil și implicit a reducerii prețului de cost.

*) Darea de seamă s-a publicat în gazeta „Tehnica Nouă", nr. 245.

In colectivele formate pe secţii, ateliere şi întreprinderi sau la nivelul regiunilor şi raioanelor au activat şi activează mii de membri ASIT trimişi de cercuri şi filiale, care studiază cu răspundere posibilităţile nefolosite pentru creşterea producţiei şi productivităţii muncii şi întocmesc propuneri judicioase pentru punerea lor în valoare. A fost dată ca exemplu acţiunea largă care se desfăşoară în producţie, în aproape toate întreprinderile din regiunea Ploieşti, pentru descoperirea rezervelor producţiei, acţiune dusă în comun de cercurile ASIT şi comitetele sindicale sub îndrumarea Comitetului Regional de Partid.

In cuvîntul rostit în cadrul şedinţei plenare a Consiliului Central, inginerul *C. Fotescu*, prim-secretar al Filialei Ploieşti, a subliniat că rolul colaborării dintre filiala ASIT şi Consiliul sindical al regiunii Ploieşti îl arată şi creşterea continuă a volumului de economii personale ale fiecărui membru ASIT.

De asemenea, în şedinţă s-a cerut să se intensifice de către ASIT acţiunea de informare şi documentare asupra tehnicii noi; în acest sens s-a cerut să se intensifice organizarea de cursuri tehnice la filiale şi de cursuri de specializare pentru ingineri în Bucureşti şi alte centre, publicaţiile ASIT să mărească numărul de articole şi note documentare asupra experienţei pozitive şi tehnicii noi din ţară şi de peste hotare, pentru ca în acest fel valoarea tehnico-ştiinţifică a activităţii ASIT să se ridice la un nivel mai înalt. Tot în acest scop este indicată folosirea mai intensă a membrilor ASIT care participă la conferinţe şi congrese în străinătate, intensificarea schimbului de experienţă, atît în ţară, cît şi cu alte ţări etc. Participanţii au mai sugerat Biroului Consiliului Central posibilitatea apariţiei unor noi reviste pentru ramuri noi ale tehnicii, ca de pildă: mase plastice, sudură, mecanizare şi mică mecanizare şi altele. De asemenea, s-a cerut ca I.D.T. să creeze în centrele importante filiale I.D.T., care să colaboreze cu filialele ASIT.

Participanţii la şedinţă au arătat necesitatea unei mai intense popularizări a noilor produse romîneşti, pentru a putea fi mai larg folosite.

Problema înfiinţării Casei Inginerului şi Tehnicianului în Bucureşti, ca şi în alte centre, a fost din nou ridicată de mai mulţi dintre participanţi, insistîndu-se asupra rolului ei important în dezvoltarea activităţii Asociaţiei şi a strîngerii legăturilor între membrii ASIT. In acest sens a suscitat interes expunerea făcută de tov. *V. Rosin*, prim secretar al Filialei ASIT Constanţa, care a arătat că la Constanţa se va construi o Casă a Inginerului şi Tehnicianului prin mijloace financiare proprii, respectiv prin contribuţia fiecărui membru ASIT.

In legătură cu problemele organizatorice s-a remarcat faptul că membrii Biroului Consiliului Central ASIT s-au deplasat în anul 1959 mai mult la filiale, avînd în felul acesta posibilitatea să cunoască mai bine problemele ce preocupă pe ingineri şi tehnicieni, să ia unele măsuri în sprijinul membrilor ASIT şi să îndrumeze cercurile şi filialele ASIT.

S-a cerut secţiilor de specialitate ale Consiliului Central să dea un sprijin mai concret secţiilor de la filiale, îndrumîndu-le mai bine în muncă şi organizînd în colaborare mai multe consfătuiri şi schimburi de experienţă.

De asemenea, s-a ridicat problema cuprinderii în ASIT a cît mai multor ingineri şi tehnicieni, arătîndu-se că în prezent sînt membri ASIT numai o treime din numărul existent; de asemenea, s-a arătat necesitatea organizării de cercuri ASIT în institutele de învăţămînt tehnic superior, îndeosebi în Bucureşti, unde nu există, astfel încît cadrele didactice să fie atrase în activitatea ASIT.

A fost apreciată pozitiv întărirea colaborării dintre ASIT şi sindicate, pe toate planurile, ca şi pe plan central; secţiile de specialitate ale Consiliului Central ASIT şi Comitetele centrale ale uniunilor sindicale pe ramuri şi-au pus de acord planurile de muncă şi au stabilit un număr de acţiuni care vor fi organizate în comun.

Şedinţa lărgită a Consiliului Central ASIT s-a preocupat de creşterea eficacităţii activităţii ASIT, cerînd ca concluziile şi recomandările consfătuirilor să privească în principal pe membrii şi organizaţiile ASIT şi să se urmărească sistematic modul cum filialele, secţiile şi cercurile ASIT aplică aceste concluzii şi recomandări.

Şedinţa a aprobat darea de seamă asupra activităţii pe anul 1959, raportul Comisiei de revizie şi planul de muncă pe anul 1960.

Planul pe anul 1960 urmăreşte să sprijine şi mai mult activitatea inginerilor şi tehnicienilor pentru îndeplinirea sarcinilor plenarei C.C. al P.M.R. din 3—5 decembrie 1959, îndeosebi pe calea ridicării continue a nivelului tehnic al producţiei, a folosirii optime a capacităţii de producţie, a materialelor şi energiei şi a creşterii calificării muncitorilor, inginerilor şi tehnicienilor.

După cum a arătat în concluziile trase la şedinţa lărgită a Consiliului Central ASIT tov. prof. dr. ing. *Ştefan Bălan*, condiţia principală pentru înlăturarea lipsurilor care mai persistă în munca Asociaţiei noastre este activizarea secţiilor, a filialelor şi a cercurilor ASIT, mai ales în organizarea sesiunilor tehnico-ştiinţifice şi a tratării în aceste sesiuni a problemelor legate de tehnica înaintată, de pregătirea superioară a cadrelor, de dezvoltarea şi perfecţionarea producţiei.

In continuare, tov. prof. *Ştefan Bălan* a accentuat necesitatea intensificării muncii de documentare tehnică, pentru a putea ţine pas cu ritmul extraordinar de dezvoltare a tehnicii. Nu poate să introducă tehnica nouă un om care nu are cultură generală tehnică foarte solidă şi nu are cunoştinţe de specialitate foarte înalte. Legat de munca de documentare şi de ridicare a nivelului ştiinţific al inginerilor, a subliniat tov. prof. *Bălan*, se pune şi problema creşterii nivelului publicaţiilor ASIT, care trebuie să ajungă în rîndul celor mai bune publicaţii tehnice.

Stabilind necesitatea creşterii rîndurilor Asociaţiei noastre, tov. *Ştefan Bălan* a vorbit despre mîndria de a fi inginer şi totodată membru al ASIT, activist al ASIT şi încă un activist de frunte.

Tot în concluzii s-a arătat că inginerii şi tehnicienii trebuie să găsească formele cele mai adecvate pentru ca în cinstea Congresului Partidului să obţină rezultate cît mai bune în munca lor, pentru a dovedi astfel partidului şi guvernului că se străduiesc cu devotament să continue într-o tot mai mare măsură la construirea socialismului în patria noastră.

Membrii ASIT, în marea lor majoritate, muncesc cu devotament pentru a realiza în cele mai bune condiţii sarcinile ce le revin. Lucrările Plenarei Consiliului Central ASIT au constituit o nouă confirmare a ataşamentului inginerilor faţă de Asociaţie, a hotărîrii lor ferme ca, sub conducerea înţeleaptă a partidului, să lupte neobosit pentru dezvoltarea economică a ţării şi pentru ridicarea bunăstării poporului.

Despre posibilitatea folosirii reacțiilor termonucleare dirijate pentru obținerea de energie electrică

G. Ionescu* – București

CZ. 621.311.1:539.172:620.92

1. Introducere

În prima parte a acestei lucrări **, am văzut că reacția de fuziune între elementele ușoare poate elibera o cantitate de energie care depinde de tipul reacției, de elementele care intră în reacție și, indirect, de presiune, temperatură și de masa de materie care intervine în reacție.

Dat fiind că reacțiile de fuziune cele mai exoterme sînt cele dintre izotopii hidrogenului, se punea problema care anume izotop ar trebui folosit pentru producerea de energie. Bariera de potențial fiind mai mică la nucleele ușoare (Z mic), trebuia să se aleagă între reacțiile :

a) deuteron-deuteron :

$$ {}_1^2D + {}_1^2D \begin{cases} \longrightarrow [{}_1^1H + 3MeV] + [{}_1^3T + \\ \quad + 1MeV] \sim 50\% \text{ din reacții,} \\ \longrightarrow [n_0^1 + 2{,}45MeV] + [{}_2^3He + \\ \quad + 0{,}8MeV] \sim 50\% \text{ din reacții} \end{cases} \quad (1) $$

și

b) deuteron-triton :

$$ {}_1^2D + {}_1^3T \rightarrow [n_0^1 + 14{,}1MeV] + [{}_2^4He + 3{,}6\ MeV] \quad (2) $$

Observăm că cea de-a doua reacție este mult mai exoenergetică decît prima; întrucît însă cea mai mare parte din energia produsă este luată de neutron, ea nu poate fi folosită (eventual) pentru producerea directă de energie electrică, așa cum ar putea produce particulele încărcate produse în prima reacție. În practică însă, dat fiind faptul că pragul energetic de producere a reacției DD este cu mult mai înalt decît pragul reacției DT, este probabil că primele reactoare cu fisiune vor folosi reacția DT, deși aceasta este mult mai nestabilă și mai greu de controlat decît reacția DD.

2. Calculul energiei care poate fi produsă prin reacții termonucleare

Energia produsă cu ajutorul reacțiilor termonucleare se poate calcula aproximativ în modul următor*** :

Dacă λ este drumul mediu între două ciocniri al unui atom (nucleu, dacă temperatura depășește cîteva zeci de mii de °K)****, iar viteza relativă a acestui atom față de un alt atom este v_{12}, atunci numărul de ciocniri suferite de acest atom în unitatea de timp va fi :

$$ R_1 = \frac{v_{12}}{\lambda}, \quad (3) $$

Presupunînd acum că avem două tipuri de atomi, de concentrații n_1 și n_2 atomi/cm³, numărul de ciocniri suferite de toți atomii de primul tip în unitatea de timp, va fi :

$$ R_{12} = n_2 \frac{v_{12}}{\lambda}. \quad (4) $$

Dar $\overline{\lambda} = \frac{1}{n_1\sigma}$ *****, în care σ este secțiunea eficace a procesului, și înlocuind și luînd media, avem :

$$ R_{12} = n_1 n_2 (\overline{\sigma v_{12}}) \text{ (reacții/cm}^3\text{.s)}. \quad (5) $$

Dacă cele două densități sînt egale ($n_1 = n_2$), iar la o reacție se eliberează o energie W, trecînd în sistemul de referințe al centrului de masă, energia totală eliberată în unitatea de timp va fi :

$$ p = \frac{n^2}{2} (\overline{\sigma v}) W \quad (6) $$

În fig. 1 este reprezentat (după [1]) produsul $(\overline{\sigma v})$ pentru reacțiile DD și DT, în funcție de temperatură; pentru reacția DD, $\overline{\sigma v_{DD}} \cong$ $\cong 3.10^{-17}$ cm³/s pentru T = 100 keV (temperatura la care are loc reacția).

---

* Ing. *George Ionescu* este inginer la I.F.A.

** Electrotehnica nr. 1 (1959), p. 4–13.

*** Demonstrația care urmează este redată după R. Post [1].

**** Reamintim că echivalența dintre °K și eV este dată de relația :

$E = \frac{1}{2} Mv^2 = kT$, de unde reiese că : 1 eV ~ 11 600°K, iar 1 eV = 1,6.10⁻¹² ergi.

***** Dacă numărul de ciocniri în unitatea de timp este $R = \frac{v}{\lambda}$, atunci numărul de atomi scoși din fascicul – ΔN, în timpul Δt, va fi : $-\Delta N = NR\Delta t$. Integrînd și punînd condiția ca în momentul inițial $t = 0$, $N = N_0$, găsim că intensitatea N a fasciculului la timpul t, este : $N = N_0 e^{-Rt} = N_0 e^{-\frac{\chi}{\lambda} t}$; dar distanța străbătută este $\chi = vt$, și înlocuind : $N = N_0 e^{-\frac{\chi}{\lambda}}$, expresie care redă slăbirea intensității unui fascicul de intensitate inițială N_0, după străbaterea unei distanțe χ printr-un mediu în care particulele au un drum liber mediu λ. Identificînd acum expresia lui N cu expresia $N = N_0 e^{-n\sigma\chi}$ care definește secțiunea eficace microscopică σ, n fiind densitatea (atomi/cm³) mediului străbătut, găsim că : $n\sigma = \frac{1}{\lambda}$ q·e·d.

După cum reiese din reacția DD bifurcată scrisă la începutul acestei lucrări, energia medie eliberată într-o singură reacție este:

$(3{,}25+4):2=3{,}625$ MeV, adică $\sim 6\cdot10^{-13}$ J*.

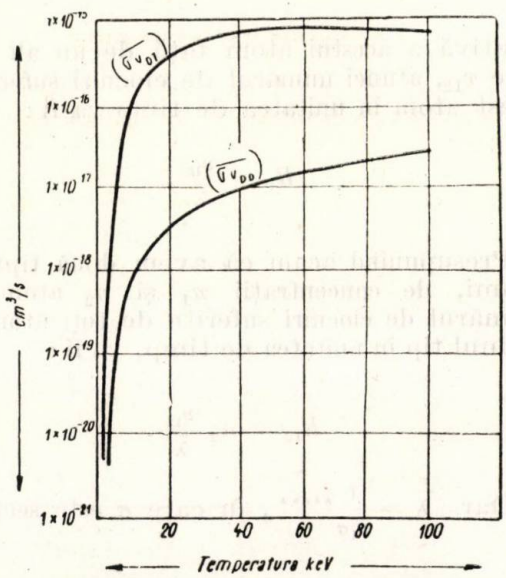


Fig. 1. Produsul $\overrightarrow{\sigma v}$ pentru reacțiile DD (deuteron-deuteron) și DT (deuteron – triton); în ipoteza că distribuția vitezelor este maxwelliană (după [1]).

Atunci puterea eliberată în unitatea de volum va fi:

$$P=\frac{1}{2}n_D^2(\overrightarrow{\sigma v}_{DD})\,W=\frac{1}{2}n_D^2(3\cdot10^{-17})(6\cdot10^{-13}),$$

sau:

$$P=9\cdot10^{-30}\,n_D\ (\mathrm{W/cm^3}) \qquad (7)$$

la $T=100$ keV [1].

În fig. 2 este reprezentată densitatea de putere eliberată în funcție de densitatea deuteronilor, pentru temperatura de 100 keV.

O demonstrație și mai intuitivă pentru înțelegerea procesului a fost dată de Linhart [2]; după acest autor, dacă distribuția vitezelor este maxwelliană $f(E)$, numărul de ciocniri dn din intervalul de energie dE, va fi:

$$dn=\sigma(E)\,f(E)\,dE. \qquad (8)$$

Se vede că în expresia de mai sus, produsul $\sigma(E)\,f(E)$ reprezintă numărul ν de ciocniri în unitatea de interval de energie, $\nu=f(E)\,\sigma(E)$. Atunci numărul total de interacții va fi:

$$N=\int_0^\infty f(E)\,\sigma(E)\,dE \qquad (9)$$

* Reamintim că 1 MeV$=1{,}6\cdot10^{-6}$ erg$=1{,}6\cdot10^{-13}$J, căci 1 J $=10^7$ erg.

iar energia eliberată va fi dată de:

$$W\cong\frac{n^2}{T^{2/3}}10^{-\sqrt[3]{\frac{19{,}7}{T}}}\cdot10^{-23}\ \mathrm{W/cm^3}. \qquad (10)$$

Din fig. 3, în care este reprezentat produsul $\sigma(E).f(E)$ în funcție de energie, se poate vedea că dacă temperatura nu este suficient de ridicată, numai o mică parte din atomi reacționează, și putem vorbi de o „secțiune efectivă" $\sigma(E).f(E)$ care reprezintă probabilitatea de producere a fenomenului.

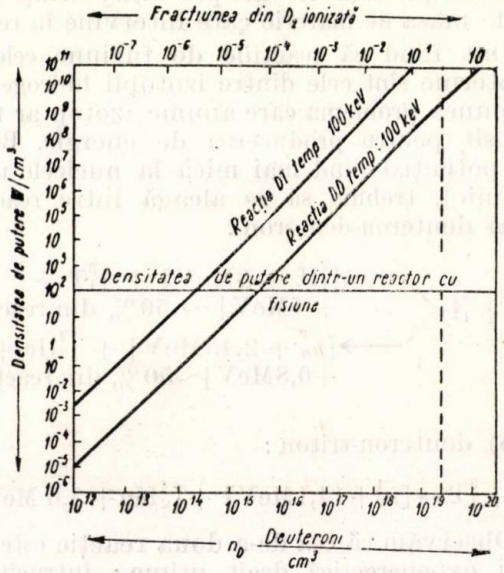
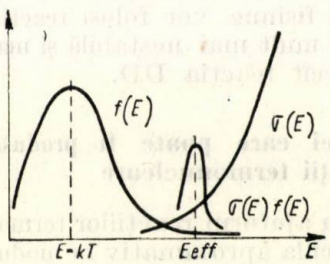


Fig. 2. Densitatea de putere în reacțiile DD și DT în funcție de densitatea gazului, la $T=100$ keV (după [1]).

Secțiunea eficace a procesului, $\sigma(E)$ poate fi dedusă în felul următor: fiind vorba de interacții coulombiene, energia de interacție va fi de forma:

$$W=\frac{e^2}{r_c^2}, \qquad (11)$$



← Fig. 3. Secțiunea efectivă $\sigma(E).f(E)$ pentru o reacție termonucleară într-un gaz încălzit, în care $\sigma(E)$ este secțiunea eficace a reacției, iar $f(E)$ este distribuția în energie a atomilor gazului (presupusă maxwelliană) (după [2]).

în care e este sarcina electronului, iar r_c este distanța minimă la care se pot apropia cele două particule care interacționează.

Secțiunea eficace este egală aproximativ cu:

$$\sigma_c\cong r_c^2=\frac{e^4}{W^2}\cong\frac{6\cdot10^{-20}}{W^2}, \qquad (12)$$

W fiind exprimat în keV, iar σ_c în cm². Această expresie este valabilă pentru distanțe de inte-

racție mici (sub r_c); pentru distanțe mai mari, se deduce în mod analog expresia:

$$\sigma_d \approx \frac{6 \cdot 10^{-19}}{W^2} \text{ cm}^2. \quad (13)\ ^*$$

Această secțiune fiind cam de zece ori mai mare decît cea precedentă, rezultă că reacțiile

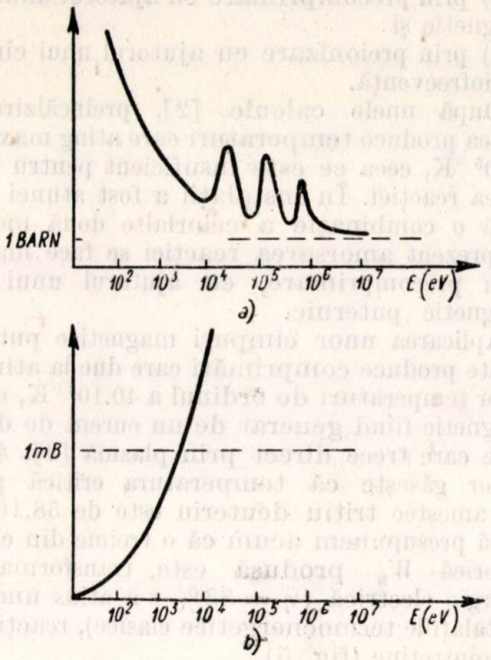


Fig. 4. Variația secțiunii eficace cu energia: *a* – în procesul de fisiune; *b* – în procesul de fuziune [25] (reamintim că secțiunea eficace se măsoară în barni; 1 barn = 10^{-24} cm²; 1 mb = 10^{-3} barni).

au loc mai ales în exteriorul unor sfere concentrice cu nucleele care interacționează (sferele Débye), și numai de zece ori mai rar în interiorul acestor sfere. (Se observă că lungimea Débye ar putea fi definită indirect, folosind cele două expresii ale secțiunii eficace găsite mai înainte).

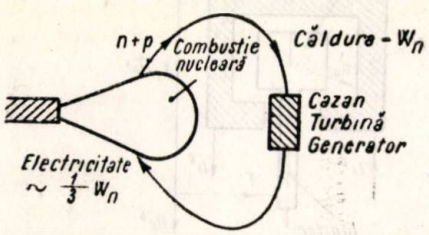


Fig. 5. Un ciclu de producere a energiei folosind combustia nucleară. Pentru ca reacția nucleară să se autoîntrețină, trebuie ca combustia nucleară să aibă loc la o temperatură de 58 milioane de °K, iar 1/3 din energia calorică produsă să treacă în energie electrică [2].

Pentru exemplificare, în fig. 4 este dată alura secțiunilor eficace ale proceselor de fisiune (*a*) și de fuziune (*b*); se observă că variațiile sînt de sens opus (una scade, iar cealaltă crește cu energia particulelor care intră în reacție), secțiunea de fuziune fiind mult mai mică în valoarea absolută.

3. Reactoare cu fuziune

S-au propus mai multe soluții pentru transformarea energiei nucleare în energie electrică; toate aceste soluții se împart însă în două mari categorii:

a) transductoare indirecte de energie (și anume prin intermediul energiei calorice), și

b) transductoare directe (problema acestora nefiind încă rezolvată; aceasta este în fond problema de viitor fundamentală a energeticii nucleare)**.

Reactoarele cu fuziune propuse pînă acum sînt numai de primul tip, avînd următorul ciclu (fig. 5):

energie nucleară → energie calorică → energie electrică

reacții termonucleare + schimbătoare de căldură — cazan + turbină + generator

Pentru ca un asemenea sistem să poată produce energie, trebuie să fie îndeplinită mai întîi condiția de autoîntreținere a reacției, adică trebuie ca pierderile de căldură să fie compensate de energia produsă prin reacția termonucleară. Pentru reacția deuteron-deuteron, ($^2_1D + {}^2_1D$), pierderile de căldură prin radiație sînt de $4{,}8 \cdot 10^{-31}\ n_D^2\ T^{1/2}$ (W/cm²) [4, 5], în care T_e este temperatura electronilor

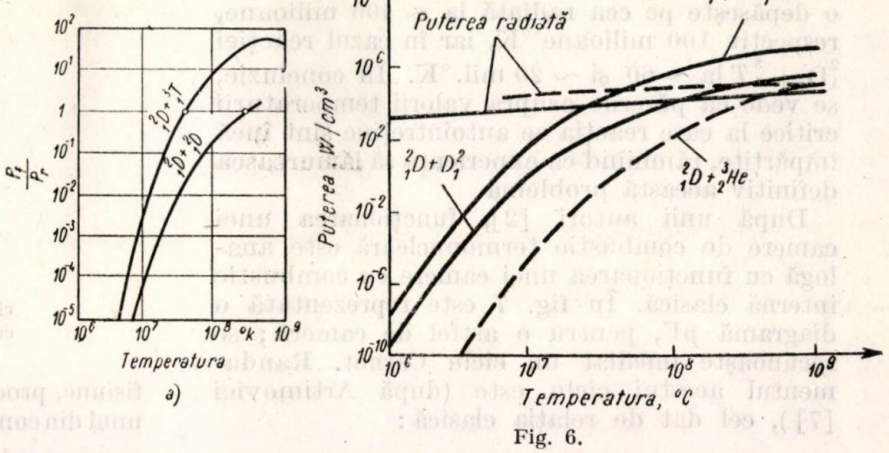


Fig. 6.

– variația raportului dintre puterea eliberată și puterea pierdută prin radiație (P_f/P_R) în funcție de temperatură, pentru reacțiile $^2_1D + {}^3_1T$ și $^2_1D + D^2_1$ (după [4]); *b*) – puterea eliberată și puterea radiată în reacțiile: $^2_1D + D^2_1$, $^2_1D + {}^3_1T$ și $^2_1D + {}^3_1T$ în funcție de temperatură (după [6]).

* Demonstrația poate fi găsită în articolul lui R. Post [1].

** Folosind unele surse radioactive s-au construit baterii, așa numite „atomice" (ar trebui spus „nucleare", întrucît energia pe care o pot debita este de origină nucleară), dar puterea pe care o pot debita este infimă și foarte scumpă. Pentru amănunte, se poate consulta publicația [3].

exprimată în keV, iar n_D este numărul de nuclee de deuteriu pe cm³*.

Dacă într-o reacție DD nucleele de He^3 iau 20% din energia P_f produsă prin fuziune, iar din restul de 80% preluat de neutroni 30%

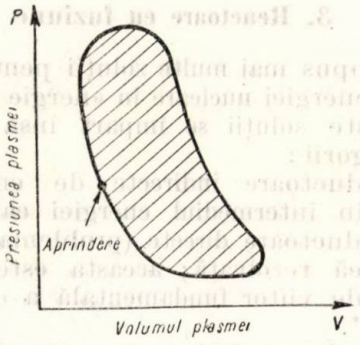


Fig. 7. Diagrama „p V" (presiune-volum) pentru plasmă, în camera de „combustie nucleară"; se observă analogia cu un ciclu Carnot.

este transformat în căldură**, atunci notînd cu P_R puterea radiată, condiția ca reacția să se autoîntrețină este [4]:

$$P_f\ [0{,}2 + (0{,}8.0{,}3)] = P_R \qquad (14)$$

Evident, raportul între energia consumată pentru producerea reacțiilor nucleare și energia produsă în aceste reacții depinde de temperatură; pentru exemplificare, în fig. 6 (*a* și *b*), este reprezentat raportul dintre energia eliberată și cea pierdută prin radiație (fig. 6, *a*), respectiv puterea eliberată și radiată (fig. 6, *b*) după doi autori diferiți. Rezultatele sînt concordante numai ca ordin de mărime; astfel se vede că în cazul reacției ${}_1^2D + {}_1^2D$, energia produsă o depășește pe cea radiată la ~ 400 milioane, respectiv 100 milioane °K, iar în cazul reacției ${}_1^2D + {}_1^3T$ la ~ 60 și ~ 20 mil. °K. În concluzie, se vede că părerile asupra valorii temperaturii critice la care reacția se autoîntreține sînt încă împărțite, rămînînd ca experiența să lămurească definitiv această problemă.

După unii autori [2], funcționarea unei camere de combustie termonucleară este analogă cu funcționarea unei camere cu combustie internă clasică. În fig. 7 este reprezentată o diagramă pV, pentru o astfel de cameră; se recunoaște imediat un ciclu Carnot. Randamentul acestui ciclu este (după Artimovici [7]), cel dat de relația clasică:

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}, \qquad (15)$$

în care T_1 și T_2 sînt temperaturile plasmei la începutul, respectiv sfîrșitul unui ciclu (în fapt, al unei contractări și dilatări a plasmei).

„Aprinderea" plasmei în camera de combustie s-ar putea face în mai multe feluri:

1) prin preîncălzirea produsă de trecerea unui curent electric puternic;

2) prin precomprimare cu ajutorul unui cîmp magnetic și

3) prin preionizare cu ajutorul unui cîmp de radiofrecvență.

După unele calcule [2], preîncălzirea ar putea produce temperaturi care ating maximum 3.10^5 °K, ceea ce este insuficient pentru amorsarea reacției. În instalații a fost atunci încercată o combinație a celorlalte două metode; în prezent amorsarea reacției se face mai ales prin precomprimare, cu ajutorul unui cîmp magnetic puternic.

Aplicarea unor cîmpuri magnetice puternice poate produce comprimări care duc la atingerea unor temperaturi de ordinul a 40.10^6 °K, cîmpul magnetic fiind generat de un curent de descărcare care trece direct prin plasmă [2]. Același autor găsește că temperatura critică pentru un amestec tritiu deuteriu este de 58.10^6 °K; dacă presupunem acum că o treime din energia calorică W_n produsă este transformată în energie electrică ($\eta = 33\%$ s-a atins uneori în instalațiile termoenergetice clasice), reacția s-ar autoîntreține (fig. 5).

Ca soluții practice, s-au propus reactoare formate dintr-o cameră de combustie nucleară învelită cu Li^6; acesta reacționează cu neutronii rapizi produși în reacția TD din camera de

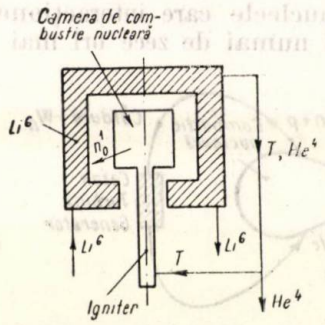


Fig. 8. Reactorul cu fuziune nucleară, folosind reacția DT, avînd ca „moderator" Li^6 (după [2]).

fisiune, producînd din nou tritiu, adică însuși unul din componenții „combustibilului nuclear":

$${}_3^6Li + {}_0^1n \longrightarrow {}_1^3T + {}_2^4He + 4{,}8MeV. \qquad (16)$$

Tritiul produs se recuperează, fiind reintrodus în circuitul de combustie, iar căldura produsă (purtată de He^4) este folosită în exterior (folosind un agent schimbător de căldură ca și la reactoarele cu fisiune). Acest reactor consumă deci D, T și Li^6 (fig. 8).

* Remarcăm că în cazul acestor reacții nu mai este valabilă legea de radiație a lui Stephan și Boltzmann, $W = \sigma T^4$, întrucît radiația nu mai este superficială, ci volumică, pierderea de căldură într-un volum dat fiind cu mult mai mică decît cea dată de expresia σT^4.

** În exteriorul reactorului cu fuziune.

În fig. 9 este reprezentat un reactor combinat, cu fuziune-fisiune; în acest reactor, neutronii rapizi produși în reacțiile termonucleare sînt folosiți pentru a fisiona U^{238}, provocînd în

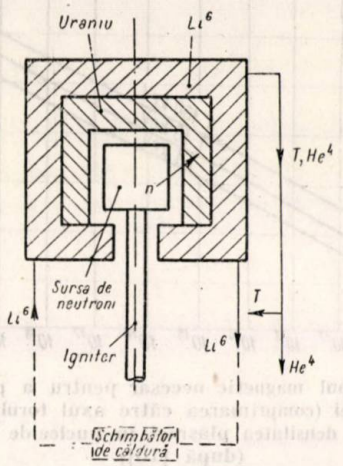


Fig. 9. Reactorul combinat (cu fuziune și fisiune nucleară), folosind reacția DT și fisiune U^{238} cu neutroni rapizi: ca „moderator" se folosește tot Li^6 (după [2]).

acesta o reacție în lanț; urmează apoi reacția cu Li (învelișul exterior al reactorului), funcționarea fiind apoi identică cu cea a sistemului precedent. U^{238} joacă aici rolul de multiplicator de neutroni și sursă suplimentară de căldură (energie termică) [2].

Un asemenea sistem ar poseda toate avantajele unui reactor cu neutroni rapizi, dar în schimb ar fi foarte nestabil în funcționare. Soluția preconizată este de fapt o reacție subcritică de fisiune, controlată a U^{238}, întreținută cu ajutorul neutronilor produși în reacția de fuziune. Teoria funcționării unui reactor cu fuziune a fost deja schițată, prin analogie cu cea a unui reactor cu fisiune [8].

În încheiere la acest punct, remarcăm încă o dată că asemenea reactoare nu au fost încă realizate practic, și nici nu se poate încă afirma cu siguranță că realizarea lor este posibilă; s-au realizat însă o serie de instalații pentru studiul reacțiilor termonucleare, care vor fi prezentate în cele ce urmează.

4. Instalațiile folosite pentru producerea și studierea reacțiilor termonucleare în plasmă

Problema practică cel mai greu de rezolvat în aceste instalații a fost problema izolării termice a plasmei de pereți, întrucît altfel:

1) prin evaporarea unor părți din pereți, plasma s-ar impurifica, reacția termonucleară nemaiputînd fi amorsată și

2) cu timpul, pereții s-ar distruge.

Se pune de asemenea problema presiunii interne, produse în timpul reacției; astfel, după [6], un gaz cu o densitate de 10^{17} nuclee/cm^3 care la temperatura camerei se află sub o presiune 1/200 at, se va afla la 10^8 °K la o presiune de ~3 000 at.

Încă din 1950, pentru izolarea plasmei față de pereți, acad. Tamm și Zaharov au propus folosirea unui cîmp magnetic axial care să focalizeze plasma [9]. Curentul de descărcare produce și el un cîmp magnetic axial focalizator, dar acest cîmp propriu nu este suficient de puternic pentru a focaliza plasma, și cu atît mai puțin pentru a anihila oscilațiile transversale ale plasmei, care au loc în timpul descărcării. În fig. 10, *b* se poate vedea cum oscilează plasma în lipsa cîmpului magnetic și acțiunea focalizatoare a unui cîmp magnetic (fig. 10, *c*) de circa 200 gauss, care se suprapune peste cîmpul de 100 gauss dat de curentul de descărcare axial*.

Un asemenea dispozitiv de descărcare în gaz se aseamănă cu un transformator cu secundarul în scurtcircuit, constituit de un toroid umplut cu deuteriu la presiune joasă, în care au loc descărcările în gaz; schematic, o asemenea instalație este reprezentată în fig. 11, *a*. În fig. 11, *b* se vede una dintre primele insta-

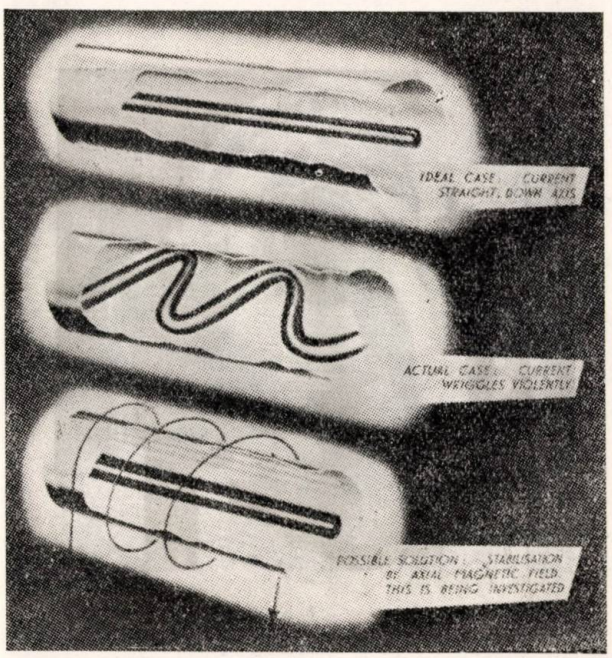


Fig. 10. Acțiunea focalizatoare a unui cîmp magnetic exterior:

a — cazul ideal; plasma nu oscilează transversal; *b* — cazul real; plasma oscilează transversal; *c* — cordonul de plasmă a fost focalizat cu ajutorul unui cîmp magnetic exterior (după [5]).

lații de acest tip, cunoscută astăzi sub numele de instalație de tip „ZETA" (de la Zero Engergy Thermonuclear Assembly), după nu-

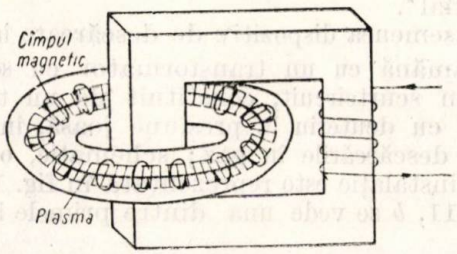
* La instalația ZETA.

mele instalaţiei experimentale britanice de la Harwell *.

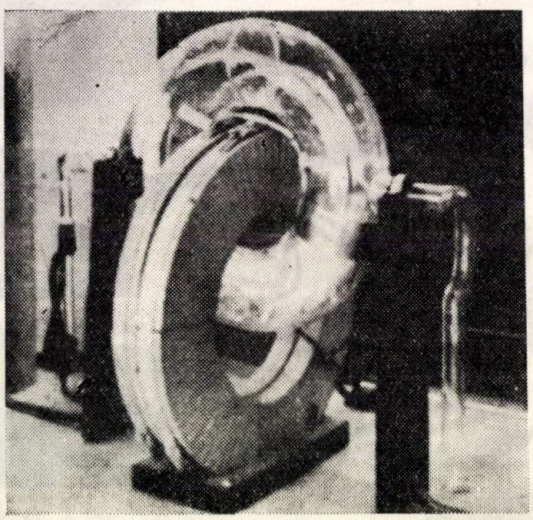
Echilibrul plasmei este menţinut de un cîmp magnetic exterior, condiţia de echilibru fiind : Presiunea de expansiune = Presiunea de compresiune, sau :

$$2NkT = \frac{H_0^2}{8\pi} \qquad (17)$$

unde $2\,NkT$ este presiunea cinetică, $N =$ = atomi/cm³, k este constanta lui Boltzmann, T este temperatura, iar $H_0 = \frac{2I}{v}$ este cîmpul magnetic produs prin trecerea curentului I prin plasmă, care produce presiunea de stricţiune $\frac{H_0^2}{8\pi}$. Acest cîmp magnetic produce efectul de focalizare („pinch effect") şi anihilează tendinţa de oscilaţie a plasmei („quick effect"), împiedicînd oscilaţiile („the wriggle") (fig. 10). În fig. 10, c se poate vedea efectul de focalizare, iar în diagrama din fig. 12 se dă



a.



b.

Fig. 11. O instalaţie de tip ZETA :

a – schema echivalentă : un transformator cu secundarul în scurt circuit, constituit dintr-un tor umplut cu deuteriu la presiune scăzută ($10^{-2} \div 10^{-4}$ mm Hg), în care are loc descărcarea ; *b* – fotografia uneia din primele instalaţii ; se observă asemănarea izbitoare cu schema principială, ceea ce nu mai este cazul la instalaţiile ulterioare.

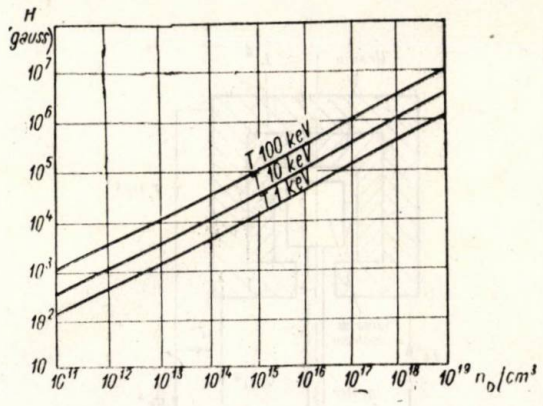


Fig. 12. Cîmpul magnetic necesar pentru a produce focalizarea plasmei (comprimarea către axul torului) în gauss, în funcţie de densitatea plasmei în nuclee de deuteriu/cm³ (după [10]).

cîmpul necesar pentru a produce comprimarea plasmei în funcţie de densitatea gazului (deuteroni/cm³) (după [10]).

Echilibrul plasmei nu trebuie înţeles în mod static, particulele fiind în continuă mişcare. Ecuaţia mişcării unei particule se scrie :

$$m\frac{d\boldsymbol{v}}{dt} = e\left(\boldsymbol{E} + \frac{\boldsymbol{v}}{c} \times \boldsymbol{H}\right). \qquad (18)$$

Dacă $\boldsymbol{E} \perp \boldsymbol{H}$, $v_0 = c\frac{|\boldsymbol{E}\times\boldsymbol{H}|}{H^2} = c\frac{E}{H}$ iar dacă lipseşte cîmpul electric, ecuaţia de echilibru este :

$$\frac{mv_\perp^2}{r} = \frac{Hev_\perp}{c} \qquad (19)$$

absolut identică cu ecuaţia mişcării particulelor într-un ciclotron. Evident, mişcarea ionilor şi electronilor în plasma supusă acţiunii simultane a unui cîmp electric E şi a unui cîmp magnetic H, se face după o spirală.

În 1958 au fost prezentate, la Geneva, de V. I. Kurceatov, dispozitivele pentru izolarea şi menţinerea plasmei incandescente în camerele de descărcare, descoperite de G. I. Budker [11]. Este vorba de aşa numitele „dopuri magnetice" („Магнитные пробки") sau „capcane adiabatice" („адиабатические Ловушки"), numite aşa pentru că au rolul de a împiedica ieşirea ionilor din tubul de descărcare ; aceste dispozitive au fost folosite într-o nouă instalaţie sovietică pentru studierea reacţiilor termonucleare, instalaţia OGRA.

În fig. 13 se pot vedea patru asemenea „capcane" ; în primele două, de tip cu linii de cîmp „închise", presiunea produsă prin interacţia cîmpului magnetic cu plasma, menţine plasma într-un spaţiu bine delimitat, fie cu ajutorul unor bare metalice (fig. 13, *a*), fie cu

* Acest „Zero Energy" vroia să însemne că reacţia în instalaţie necesită pentru întreţinere o energie zero, adică se autoîntreţine ; experimental însă, dispozitivul construit dă numai circa o milionime din energia consumată, constituind din acest punct de vedere o decepţie pentru constructori.

ajutorul unor inele de diametre variabile, scăzînd în diametru către extremități (fig. 13, *b*). În fig. 13, *c* se poate vedea un alt tip de capcană magnetică, și anume o capcană în care plasma

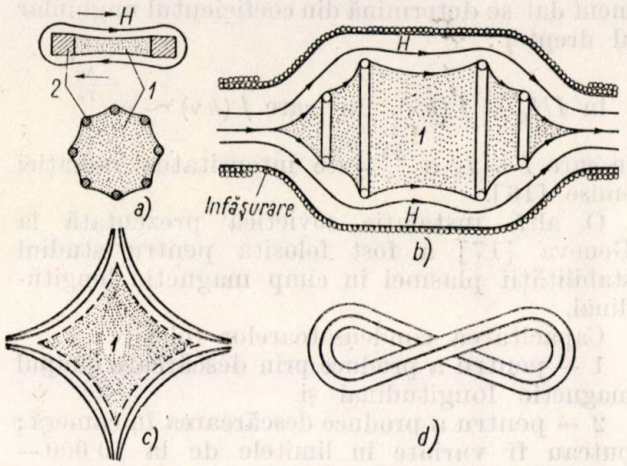


Fig. 13. „Capcane" magnetice cu linii de cîmp, „închise" (după [7] și [9]).

este reținută cu ajutorul unor suprafețe de curbură negativă (create cu ajutorul unor cîmpuri magnetice), ceea ce (după [7]) îi asigură o mai bună stabilitate.

În capcana magnetică în formă de tor deformat din fig. 13, *d*, particulele reflectate la capetele capcanei se reîntorc în circuit; în acest mod este realizat „STELLARATOR"-ul american.

Capcanele adiabatice create de G. I. Budker se bazează pe folosirea unui cîmp magnetic care crește brusc la capetele cilindrului în care are loc reacția. Un dispozitiv de tip OGRA se compune dintr-un cilindru închis la capăt cu două „capcane".

Pentru ca particulele să nu iasă din „capcană", trebuie ca impulsul primit în cîmpul magnetic mai puternic de la capătul capcanei să fie mai mare decît impulsul primit de la cîmpul din cilindru; momentul magnetic fiind un invariant adiabatic, trebuie ca:

$$\frac{mv^2}{H_1^2} < \frac{mv_1^2}{H_0^2} \longrightarrow \frac{v_1}{v_0} > \sqrt{\frac{H_0}{H_1}}, \qquad (20)$$

în care v și v_1 sînt viteza particulei și componenta ei perpendiculară pe direcția cîmpului magnetic, H_0 este intensitatea cîmpului magnetic din „capcană", iar H_1 a celui din cilindru. Se spune că „capcanele închid particulele" în cilindru.

Stabilizarea plasmei în spațiu cu ajutorul cîmpurilor magnetice a fost studiată de B. B. Kadomțev și S. I. Braghinski [12].

În concluzie, la acest punct putem clasifica instalațiile pentru cercetarea reacțiilor termonucleare în trei tipuri:

a) instalații de tip ZETA;

b) instalații de tip OGRA;

c) instalații de tip STELLARATOR.

La acestea trebuie să mai adăugăm:

d) tuburile cilindrice în care s-a studiat posibilitatea de a produce reacții termonucleare prin descărcare în gaze.

În cele ce urmează vom prezenta mai întîi instalațiile construite în Uniunea Sovietică, iar apoi pe cele construite în Occident.

5. Instalații sovietice folosite în studiul reacțiilor termonucleare; rezultatele prezentate la conferința de la Geneva, din septembrie 1958*

O privire de ansamblu asupra cercetărilor sovietice din acest domeniu a fost prezentată la Geneva (septembrie 1958), de acad. Artimovici [7]; în rezumat, lucrarea arată că cercetările sovietice s-au întreprins în două mari direcții; citățm:

a) „Cercetarea metodelor de menținere și încălzire a plasmei în sistemele cu linii de curent închise, care se întrețin cu ajutorul unor tensiuni exterioare și se stabilizează cu ajutorul unui cîmp magnetic exterior.

(*N. A.* Aceaste instalații sînt de același tip cu ZETA britanic)

b) Cercetarea capcanelor magnetice, în care plasma de o temperatură înaltă se formează prin acumularea particulelor (ionilor) rapide, injectate în capcană".

Acad. Artimovici arată că aceste două cazuri corespund celor două cazuri limită care se obțin din ecuația:

$$\rho \frac{d\boldsymbol{v}}{dt} = \frac{1}{c} \boldsymbol{j} \times \boldsymbol{H} - \text{grad } p, \qquad (21)$$

în care:

ρ este densitatea plasmei;
$\boldsymbol{v}$ — viteza particulei încărcate, a cărei mișcare o descrie ecuația de mai sus;
t — timpul;
$\boldsymbol{j}$ — densitatea de curent;
$\boldsymbol{H}$ — cîmpul magnetic;
p — presiunea cinetică a plasmei.

a) Primul caz limită corespunde instalațiilor de tip „cu forțe de accelerare electrodinamice"; în care caz presiunea gazului se poate neglija, și avem:

$$\rho \frac{d\boldsymbol{v}}{dt} = \frac{1}{c} \boldsymbol{j} \times \boldsymbol{H}. \qquad (22)$$

Acest caz este interesant mai ales din punctul de vedere al regimului tranzitoriu inițial, atunci cînd se stabilește descărcarea în plasmă.

---

* O listă completă a celor peste două sute de lucrări asupra reacțiilor termonucleare prezentate la conferința de la Geneva din septembrie 1958 se poate găsi în revistele Атомьная Энергия și J. of Nuclear Energy, din septembrie 1958 [13], [14].

b) Al doilea caz limită se atinge în cazul capcanelor adiabatice, cînd presiunea cinetică devine egală cu presiunea magnetică, și putem scrie :

$$\text{grad } p = \frac{1}{c} \boldsymbol{j} \times \boldsymbol{H}. \qquad (23)$$

Acest caz ar corespunde „regimului staționar", adică celei de-a doua faze a descărcării prin plasmă (căci nu trebuie să uităm că cele mai lungi descărcări obținute pînă acum nu depășesc cîteva milisecunde).

Tot în septembrie 1958 au fost prezentate la Geneva pentru prima dată și camerele de descărcare toroidale sovietice [7], [15]. Cea mai mare dintre aceste instalații este așa-numita instalație „Alfa" [15] (replica sovietică a instalației ZETA), a cărei fotografie se poate vedea în fig. 14.

Prof. Emelianov [15] face observația că este mult mai probabil ca primele reactoare cu fuziune să funcționeze cu un amestec de T + D, decît cu D pur, din cauza dimensiunilor necesitate de reactorii cu D pur, și de aici a imposibilității tehnice (la ora actuală) de a realiza reacții folosibile cu D pur.

Dintre instalațiile sovietice prezentate la Geneva, prezentăm doar pe cele mai reprezentative; astfel, pentru cercetarea spectrului emis de plasma incandescentă a fost folosită o instalație cu următoarele caracteristici [16] :

$C = 86$ μF $U_0 = 35$ kV

$I_{max} = 460$ kA $(\mathrm{d}I/\mathrm{d}t)_{t=0} = 1{,}5 \cdot 10^{11}$ A/s.

Camera de descărcare avea diametrul $D = 40$ cm și lungimea $K = 90$ cm.

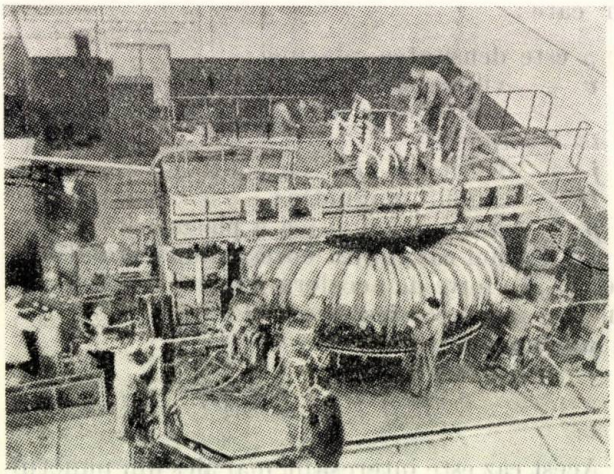


Fig. 14. Instalația sovietică „Alfa" cu cameră de descărcare toroidală (după [15]).

Durata primei contracții a plasmei a fost de circa 4 μs; durata totală a descărcării, cîteva zeci de microsecunde (în lucrare nu se specifică exact cît).

Reamintim că temperatura ionilor se determină din lărgirea liniilor unor elemente adăugate amestecului, lărgirea fiind produsă de efectul Doppler; temperatura electronilor la un moment dat se determină din coeficientul unghiular al dreptei :

$$\ln I/I_0 = f(h\nu), \quad \text{în care } f(h\nu) \sim e^{-\frac{h\nu}{Te}}$$

în care $I \sim I_0\, e^{-\frac{h\nu}{Te}}$ este intensitatea radiației emise [16].

O altă instalație sovietică prezentată la Geneva [17] a fost folosită pentru studiul stabilității plasmei în cîmp magnetic longitudinal.

Capacitatea condensatoarelor folosite :

1 — pentru a produce prin descărcare cîmpul magnetic longitudinal și

2 — pentru a produce descărcarea în cameră; puteau fi variate în limitele de la 10 000 — —100 000 μF și respectiv 800—6 800 μF (față de 1 600 μF la ZETA).

Descărcarea prin cameră a fost caracterizată în această lucrare prin prima semiperioadă a curentului, care era de 300—1 600 μs. Curentul maxim de descărcare atingea 300 kA, putînd fi variat în limitele de la 3—300 kA, iar cîmpul magnetic putea fi variat de la 0 pînă la 27 000 Oe (v. de exemplu fig. 4 din lucrarea [17]). Presiunea putea fi variată de la 0,005—5 mm Hg.

Deuteriul se introduce prin filtre de paladiu pentru a evita impurificarea.

Dimensiunile instalației : lungimea 70 cm; diametrul electrozilor de descărcare putînd fi de : 17 ; 9 sau 4 cm.

O altă instalație, folosită pentru studiul unei spire de plasmă (plasmoid) în cîmp magnetic transversal, folosea o baterie de condensatoare de 3 000 μF, o cameră de descărcare de 37,5 cm lungime și 13 cm diametru, sau o cameră cu diametrul de 22 cm, pusă la o tensiune de 33 kV și prin care trecea un curent de maximum 550 kA timp de 5 μs [18].

Cea mai mare dintre instalațiile sovietice este însă instalația „OGRA" (care este și cea mai mare din lume la ora actuală).

Fotografia și schema instalației „OGRA" se pot vedea în fig. 15 și 16.

Instalația a fost construită sub direcția științifică a lui I. N. Golovin, și nu este altceva decît o uriașă cameră cilindrică, cu „dopuri magnetice" la cele două capete; distanța între cele două dopuri poate atinge 12 m, cîmpul maxim în dopuri putînd fi de 8 000 Oe; în centrul capcanelor cîmpul este de 5 000 Oe. Numai puterea consumată de înfășurări atinge 4 000 kW. Camera de descărcare din oțel inoxidabil are un diametru de 1,4 m, iar înfășurările care dau cîmpul magnetic au un diametru de 1,8 m.

Presiunea scăzută necesară se obține cu pompe de difuziune cu mercur pînă la 10^{-6} mm

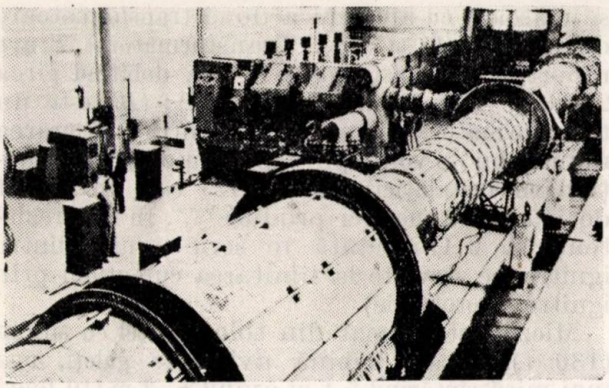


Fig. 15. Instalația sovietică „OGRA" [11]).

Hg, iar cea finală de 10^{-8} mm Hg, cu pompe de sorbție ionice, și prin vaporizarea prealabilă de titan în volumul camerei.

Sursa de ioni, situată la 8 m de cameră, poate da ioni cu o viteză inițială de 200 keV; fasciculul de ioni este deviat magnetic de mai multe ori, întrucît trecerea ionilor printr-un canal curb este echivalentă cu filtrarea lor (filtrul de viteze Hughes-Rojanschi; vezi de exemplu: Spolschi, „Fizica atomică", Editura Tehnică, București 1957, vol. I, p. 30, ed. II, în l. romînă), asigurînd îndepărtarea ionilor de H_1 și T_3 din fluxul de D_2^+ (s-ar putea nota și H_1, H_3 și H_2).

Densitatea plasmei de hidrogen care se poate obține în instalația „OGRA" este de $10^{13}/cm^3$; la această concentrație, ionii ar trebui să se miște în cameră vreme de sute de secunde, parcursul lor total pînă la ieșirea din cameră atingînd circa 100 000 km. La secțiuni transversale cu diametrul de 10 cm ale canalului magnetic, curentul de trecere calculat pentru ionii de H_2^+ este de 2 A.

Parametrul esențial al unei asemenea instalații este randamentul ei, dat de raportul:

$$\eta = \frac{\text{puterea eliberată}}{\text{puterea consumată}} = \frac{W^+}{W^-} \qquad (24)$$

în care:

$$W^+ = k_1' \, v\sigma(T) \, n^2 \, R^2 \, l \qquad (25)$$

unde:

v este viteza medie a particulelor;

σ (T) — secțunea eficace a reacției;

n — numărul de ioni/cm³;

R și l — raza și lungimea cilindrului;

k_1' — o constantă.

Întrucît cîmpul magnetic H, densitatea plasmei n și temperatura ei T sînt legate prin relația:

$\frac{H^2}{8\pi} \geqslant 2 \, nKT^*$ (din condiția de contracție a plasmei)

* Vezi relația (17).

vom avea:

$$W^+ \leqslant \frac{k_1}{(8\pi)^2} \frac{v\sigma(T)}{T^2} \, lH^4 \, R^2.$$

Cum:

$W^- = k_2 lH^2$ (puterea necesară pentru întreținerea cîmpului magnetic) (26)

vom obține:

$$\eta = \frac{k_1}{k_2} \frac{v\sigma(T)}{(8\pi)^2 \, T^2} \, H^2 \, R^2 = k_3 \, H^2 \, R^2 \qquad (27)$$

adică obținem rezultatul fundamental că randamentul instalației este proporțional cu produsul HR[11].

Acad. Kurceatov declară că, pentru reacția D — T randamentul η devine mai mare decît unitatea în instalație, pentru $T = 100$ keV și $HR = 5 \times 10^6$ gauss × cm, putîndu-se atinge o concentrație de energie de 200 000 kW pe m³ de plasmă la un cîmp magnetic de 50 000 gauss [11].

Întrucît mărimea $\frac{v\sigma(T)}{T^2}$ are maximul între 10 și 20 keV în reacțiile D—D și D—T, din punct de vedere al cantității de energie eliberate, W^+, trecerea la temperaturile de sute de keV necesare în cursele adiabatice este dezavantajoasă.

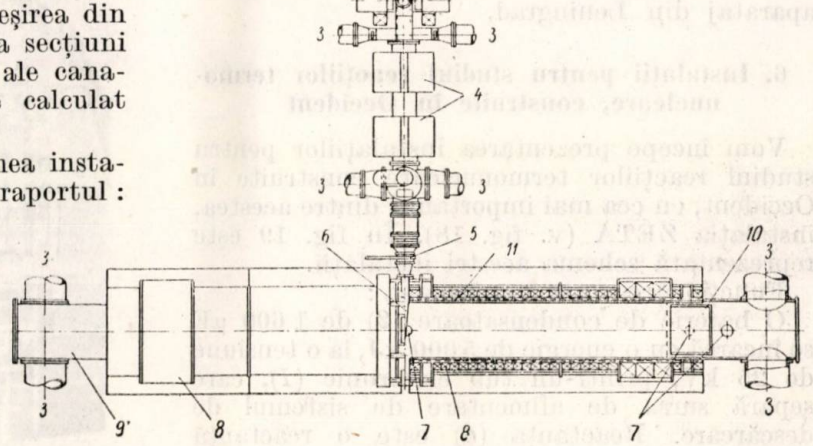


Рис 17. Схема установки «Огра».

Fig.16. Schema instalației „OGRA" (după [11]):

1 — sursa de ioni (+200 keV); *2* — magnetul sursei; *3* — evacuare (*b* pompa de vid); *4* — lentile cuadripolare; *5* — vană; *6* — canal magnetic; *7* — evaporator cu titan; *8* — înfășurare; e — camera de descărcare; *10* — electrod (−15 kV); *11* — înfășurarea pentru încălzirea camerei.

Principala problemă rămîne însă și aici tot producerea reacției nucleare de fuziune în plasmă; din fig. 17 se vede că energia purtată de particulele care ies prin dopuri este mai mare decît energia de reacție pînă la 100 keV pentru reacția D—T, și respectiv 1 000 keV pentru reacția D—D.

Se vede deci, că energia produsă prin reacţie va depăşi energia pierdută prin dopurile magnetice (purtată de particulele care ies) numai

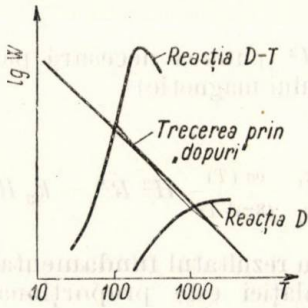


Fig. 17. Logaritmul puterii purtate de particulele care trec prin dopurile magnetice şi al celei eliberate în reacţiile termonucleare în funcţie de temperatură (după [11]).

peste aceste temperaturi. Sub aceste temperaturi, reacţia nu este posibilă*.

Această instalaţie gigantică a fost construită prin colaborarea mai multor institute de cercetări din U.R.S.S., şi anume: Institutul pentru cercetări ştiinţifice de aparatură electrofizică al Direcţiei Energiei Atomice de pe lîngă Consiliul de Miniştri al U.R.S.S., Institutul pentru cercetări de tehnica vidului şi Institutul de Stat pentru proiectări al Academiei U.R.S.S., părţile principale ale instalaţiei fiind realizate la marile uzine constructoare de maşini şi aparataj din Leningrad.

6. Instalaţii pentru studiul reacţiilor termonucleare, construite în Occident

Vom începe prezentarea instalaţiilor pentru studiul reacţiilor termonucleare construite în Occident, cu cea mai importantă dintre acestea, instalaţia ZETA (v. fig. 18). În fig. 19 este reprezentată schema acestei instalaţii.

Funcţionarea este următoarea:

O baterie de condensatoare (*2*) de 1 600 μF se încarcă cu o energie de 5 000 kJ, la o tensiune de 25 kV, printr-un tub electronic (*1*), care separă sursa de alimentare de sistemul de descărcare. Reactanţa (*6*) este o reactanţă saturată pentru limitarea curentului din circuit, încărcarea şi descărcarea condensatorului (*2*) făcîndu-se cu ajutorul a două întreruptoare (*3*) şi (*4*) şi a ignitronului (*5*). Protecţia circuitului se face cu ajutorul celor două ignitroane (*5*) şi (*7*); schema este incompletă, întrucît nu sînt reprezentate instalaţiile de aprindere; (nici în publicaţia care a stat la dispoziţia autorului [20] aceste circuite nu au fost figurate).

Curentul în circuitul primar, atît cel de descărcare cît şi cel reflectat din secundar, se măsoară cu ajutorul a două transformatoare de măsură (*9*) şi (*10*). Transformatorul *T* are raportul de transformare 9 : 1, debitînd circa 200 000 A pe secundarul** (*11*); (*12*) este un transformator de măsură pentru măsurarea numărului de volţi/spiră (pentru controlul funcţionării instalaţiei) [20]; (*13*) este un circuit de măsură al energiei produse***. În fine, rezistenţa de 2 Ω montată în serie cu unul dintre ignitroane serveşte la limitarea curentului prin ignitron (protecţie).

Miezul este format din tole de oţel cu siliciu (130 t), fiecare bobină avînd 18 galeţi, cea mai mică cîntărind 5 t şi avînd ~ 3 m (10 feet) diametru exterior şi ~ 1 m (3 feet) diametru interior. Bobinele au suferit un tratament termic special înainte de montare, fiind supuse la o temperatură de 800°C, într-o atmosferă de 90% azot şi 10% hidrogen. Piesele au fost construite în mod special pentru a lucra la curenţi, temperaturi şi presiuni mari. Pentru alte amănunte se pot consulta publicaţiile [5] şi [20—26].

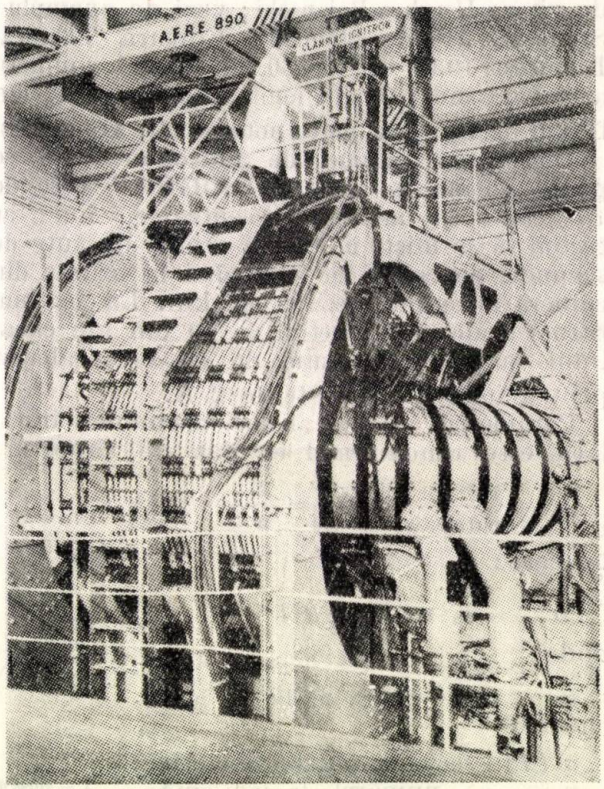


Fig. 18. Vedere generală a instalaţiei „ZETA"; se observă cele două înfăşurări de pe torul de Al în care se produc reacţiile termonucleare (după [19]).

Durata descărcării este de circa 4 milisecunde, iar perioada de repetiţie de 10 s; evident, randamentul este încă mult mai mic decît 1,

* V. şi curbele date de alţi autori (fig. 6). Reamintim că 1 eV ≈ 11 600°K.

** Cele două bobine care se văd în fig. 18 alcătuiesc primarul, secţionat pentru a omogeniza cîmpul magnetic.

*** După unele păreri, reflectată în înfăşurarea 14.

abia ajungînd la $10^{-9} \div 10^{-12}$; din acest punct de vedere, experiențele sînt încă dezolante.

Studiul descărcării se poate face pe patru căi :

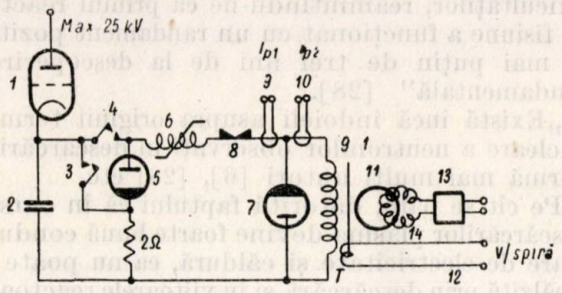


Fig. 19. Schema de principiu a instalației ZETA (după [20]).

1) măsuri optice și spectrografice;
2) măsuri electrice;
3) măsuri nucleare;
4) măsuri de temperaturi și presiuni, care revin de fapt tot la măsuri optice și electrice.

Am văzut în partea întîi* a acestui articol cum se fac în general aceste măsuri**. În cazul instalației ZETA temperatura se măsoară prin introducerea unei mici cantități de oxigen sau azot în plasmă, gaze care nu se ionizează complet la temperaturile atinse și emit spectru de linii, liniile fiind lărgite prin efect Doppler și dedublate prin efect Stark (despicarea liniilor în cîmp electric puternic). Lărgirea produsă este o măsură directă a temperaturii și ea se poate măsura cu un spectrometru. Presiunea se poate măsura indirect prin efectul piezoelectric.

Am văzut mai înainte că măsurarea parametrilor electrici se face cu ajutorul unor transformatoare de măsură, iar cîmpurile se măsoară cu ajutorul unor sonde***. Radiația penetrantă se înregistrează cu ajutorul unui selector de neutroni cu opt canale, diferitele măsurători înregistrîndu-se într-o memorie cu opt canale; o înregistrare se poate vedea în fig. 20, în care cele opt canale au înregistrat :

1. Curentul în secundar.
2. Curentul în primar.
3. Linia azotului de 4,3479 Å($1\ Å = 10^{7}$ mm).
4. Lumina totală emisă.
5. Volți/spiră (tensiune filtrată).
6. Raze X.
7. Volți/spiră (tensiune nefiltrată).
8. Ip_2 (curentul reflectat în primar).

Pentru a scurta expunerea, prezentăm performanțele celorlalte instalații occidentale într-o tabelă****; datele au fost extrase din mai multe publicații [21], [27], [28] etc.

* Electrotehnica nr. 1, 1959.

** Remarcăm că cercetările sovietice în acest domeniu datează din 1952, cu performanțe superioare celor atinse abia azi în Occident.

*** De exemplu cu centuri Rojanschi.

**** v. pagina 88.

Se vede din această tabelă că instalațiile occidentale reeditează pulsurile de 1 000 kA din instalațiile sovietice, și cele de 10^{8} neutroni/puls, atinse încă înainte de 1956***** [9], [29].

În fig. 21 se poate vedea camera de descărcare și magneții secționați****** cu ajutorul cărora se produce cîmpul magnetic de focalizare în prima instalație americană, numită „Perhapsatron", adică „s-ar putea", ceea ce se referea la posibilitatea obținerii unor reacții termonucleare cu această instalație.

Dintre instalațiile americane prezentate în 1958 la Geneva, cel mai mare interes l-a stîrnit instalația denumită „STELLARATOR" (fig. 22)1; acest stellarator este constituit dintr-un tub de sticlă închis, în formă de 8 deformat, în care liniile cîmpului magnetic se închid în interiorul tubului, în așa fel încît ionii de deuteriu se mișcă pe traiectorii închise; încălzirea plasmei se face în două etape. În prima etapă, prin tub se trece un curent intens, care ridică temperatura plasmei pînă la circa 10^{6} °K; acest curent este de fapt indus în gaz, tubul de descăr-

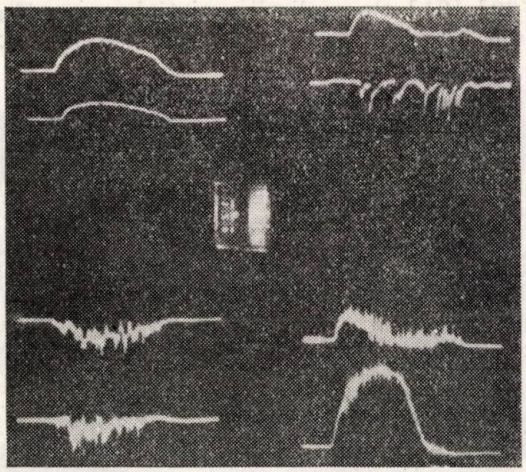


Fig. 20. O înregistrare pe cele opt canale ale analizorului electronic al instalației ZETA (după [20]) :

Canalul *1* : Curentul în secundar
Canalul *2* : Curentul în primar, I_p
Canalul *3* : Linia de 4,3479 Å a azotului
Canalul *4* : Lumina totală emisă
Canalul *5* : Volt/spiră (tensiune filtrată)
Canalul *6* : Raze X
Canalul *7* : Volt/spiră (tensiune nefiltrată)
Canalul *8* : Curent reflectat în primar, I_{p_2}.

care constituind secundarul în scurtcircuit al unui transformator cu aer. Prin așa-zisa „pompare magnetică", care constă în a aplica unei

***** Procedeul secționării magneților este folosit în special în acceleratoarele de particule pentru a micșora consumul de oțel silicios, și a produce un cîmp magnetic uniform în camera de accelerare.

****** Procedeul secționării magneților este folosit în special în acceleratoarele de particule pentru a micșora consumul de oțel silicios, și a produce un cîmp magnetic uniform în camera de accelerare.

secțiuni din tub un cîmp magnetic pulsant de frecvență înaltă care produce accelerarea nucleelor și prin aceasta încălzirea plasmei, se obțin

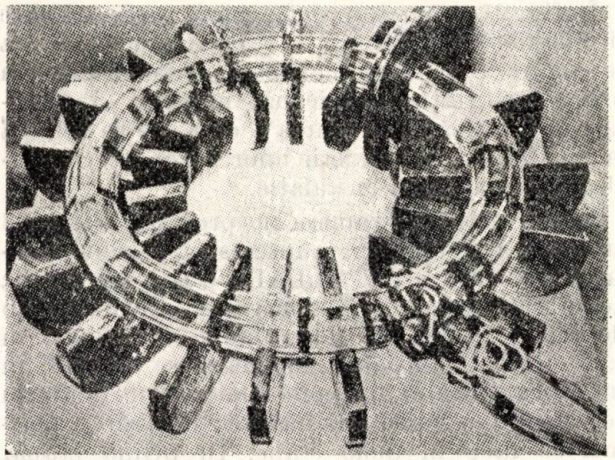


Fig. 21. Instalația americană „Perhapsatron".

temperaturi echivalente de 5—6 milioane de °K [30], [31]. Specialiștii sovietici au manifestat un viu interes față de această instalație [32].

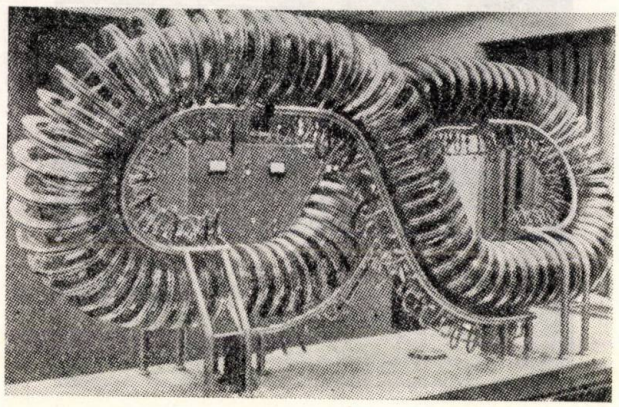


Fig. 22. Instalația americană de tip „STELLARATOR" (după [31]).

7. Concluzii

Instalațiile pentru producerea de energie folosind reacțiile termonucleare sînt încă în stadiul experimental. Problema transformării directe a energiei nucleare în energie electrică nu a fost încă rezolvată. În toate țările se fac cercetări susținute pentru a rezolva aceste două probleme atît de importante și atît de strîns legate una de cealaltă.

În concluzie, este de așteptat ca instalațiile de acest gen să poată debita energie în următorii 10—20 ani, deși există și multe previziuni destul de pesimiste, ca de exemplu, aceea a lui Pierre Hubert, care afirmă că „Fuziunea a fost anunțată de Jean Perrin încă din 1925, primele calcule au fost publicate de Atkinson și Houtermans încă din 1928, și totuși, după 30 de ani de cercetări, nici un rezultat practic nu a fost încă obținut; se poate aprecia mărimea dificultăților, reamintindu-ne că primul reactor cu fisiune a funcționat cu un randament pozitiv la mai puțin de trei ani de la descoperirea fundamentală" [28].

„Există încă îndoieli asupra originii termonucleare a neutronilor observați în descărcări", afirmă mai mulți autori [6], [28] etc.

Pe cît se pare, datorită faptului că în cursul descărcărilor plasma devine foarte bună conductoare de electricitate și căldură, ea nu poate fi încălzită prin descărcări, și în viitoarele reactoare termonucleare (cu schimb de căldură), se vor folosi alte mijloace de a produce încălzirea ei, ca de exemplu prin comprimare în cîmp magnetic („OGRA" are o înfășurare specială pentru încălzire, fig. 16).

Comunicările de la Geneva din 1958 au arătat că cercetările în acest domeniu se urmează cu asiduitate în toate țările mari ale lumii.

Cea mai mare parte a lucrărilor tratează problema stabilității plasmei; o altă parte din lucrări consemnează rezultatele experimentale obținute pînă în prezent. În fine, se dau rezultatele studiilor efectuate asupra plasmei, se definesc parametrii caracteristici și se descriu proprietățile ei.

Marele număr de lucrări prezentate (aproximativ a zecea parte din numărul total de lucrări) arată cu prisosință uriașul interes pe care îl prezintă această problemă.

Spațiul nepermițîndu-ne o prezentare mai pe larg a tuturor acestor lucrări, ne vom mulțumi a indica din nou cititorului lucrările [14] și [13] care conțin lista completă (respectiv rezumatele) celei mai mari părți din aceste lucrări.

Problema reacțiilor termonucleare este strîns legată de realitatea de zi cu zi. Emoția provocată de apariția și existența bombei H este încă actuală. Aceeași reacție care ar putea satisface cererea de energie a omenirii pentru mii de milenii, poate fi folosită în bomba H, într-o simplă reacție circulară de forma:

$$\begin{array}{ccc} {}^{6}_{3}\mathrm{Li} + n^{1}_{0} & \longrightarrow & {}^{3}_{1}\mathrm{T} + {}^{4}_{2}\mathrm{He} + 4{,}8\ \mathrm{MeV} \\ \uparrow & & \downarrow \\ 17{,}6\ \mathrm{MeV} + {}^{4}_{2}\mathrm{He} + n^{1}_{0} & \longleftarrow & {}^{3}_{1}\mathrm{T} + {}^{2}_{1}\mathrm{D} \end{array}$$

fără a mai folosi bomba A drept „capsă", adică amorsor al reacției termonucleare (bomba A producea temperaturile de milioane de grade necesare amorsării reacției DD sau DT în bombele H de tip mai vechi, care foloseau exact aceleași reacții nucleare ca și cele care vor fi poate folosite în instalațiile industriale).

În reacția „circulară" de mai sus, tritonul produs în prima reacție, reacționează cu un deuteron, producînd din nou neutronul necesar

amorsării primei reacții + energie, ș.a.m.d., reacția continuîndu-se indefinit, ca o reacție în lanț, în două trepte:

1) producerea tritonului din reacția ${}^{6}_{3}Li + {}^{1}_{0}n$, și 2) producerea neutronului necesar acestei reacții*.

Dificultatea principală care se opune încă obținerii de energie industrială o constituie durata prea mică a descărcărilor. Experimental, nu s-au observat mai mult de trei contractări și dilatări succesive ale plasmei; pentru a mări durata descărcării, ar trebui ca numărul de contractări să fie cît mai mare, sau descărcarea să fie mai stabilă; mărirea duratei descărcării, echivalează cu mărirea puterii produse, relația fiind de directă proporționalitate. De fapt, majoritatea lucrărilor prezentate la Conferința de la Geneva în toamna anului trecut, vizează tocmai posibilitatea stabilizării descărcărilor în plasmă.

„Există cauze serioase care ne fac să credem că acest lucru este posibil" afirmă acad. Kurceatov în conferințele sale de la Harwell [9]. E posibil ca instalația de mari dimensiuni de tip „OGRA" să rezolve problema stabilizării plasmei cu ajutorul „capcanelor adiabatice".

Din punct de vedere economic și industrial, trebuie să semnalăm că prețul tritiului a scăzut în ultimii ani de aproximativ 50 de ori** (de la circa 100 dolari la circa 2 dolari per Curie***), iar al unui gram de deuteriu a scăzut la aproximativ 150 000 franci francezi****. (Cu un gram de deuteriu care se extrage din circa 5 l de apă s-ar putea produce într-un reactor termonuclear pînă la 150 milioane de kWh****).

După unele aprecieri, energia pe care o poate elibera 1 kg de hidrogen prin fuzionare în atomi de heliu (ciclul lui Bethe) ar fi de 200 000 MWh [27]. Energia ce s-ar putea obține prin fuziune din deuteriul conținut în oceane, deși deuteriul este de 6 000 ori mai puțin decît protiul [27], ar fi suficientă pentru a satisface un consum de energie de 1 000 de ori mai mare decît cel actual, timp de 10^9 ani [27], [1]. În fine, chiar sursele de material fisionabil (uraniu, thoriu) ar avea o perioadă de „înjumătățire prin consum" de circa 50 000 de ani [27], așa încît într-un viitor istoric, problema energiei s-ar pune din nou pentru omenire, aceasta pentru a nu mai vorbi de combustibilii fosili clasici (petrol și cărbune), care se vor înjumătăți probabil în următorii 25 de ani.

Curba repartiției elementelor în univers (fig. 23), care arată că hidrogenul este elementul cel mai răspîndit (N. B.: în Univers, nu pe planeta noastră), ne îndeamnă să credem odată cu Fermi [33] și Bethe*****, că energia

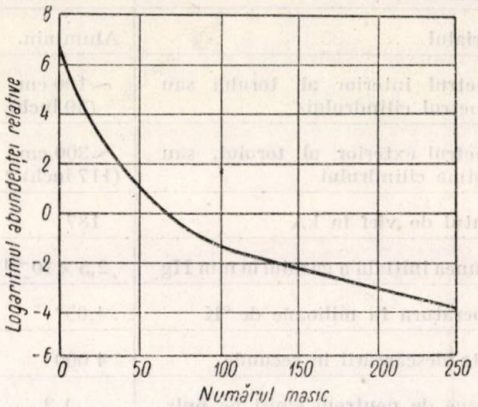


Fig. 23. Curba repartiției elementelor în univers (după [33]).

stelară este de origine termonucleară. Rezervele de deuteriu ale planetei sînt deci, practic, inepuizabile.

Rămîn însă dificultăți uriașe de învins pentru a folosi acest imens rezervor de energie. Dificultățile de cercetare nu sînt cu nimic mai prejos de cele tehnologice, și o comparație a situației cercetătorilor din acest domeniu cu aceea a lui Fermi care punînd în funcțiune primul reactor cu neutroni lenți nu știa dacă va putea opri reacția în lanț sau va sări în aer odată cu instalația, nu sînt de loc exagerate.

„Trecînd însă peste prezența tuturor greutăților și peste faptul că multe probleme nu sînt încă rezolvate nici măcar teoretic, socotim că este necesară continuarea pe scară largă a lucrărilor experimentale în această direcție, incluzînd și construirea unor astfel de instalații gigantice ca OGRA. Dacă nu am face aceasta, am aminti de acel sofist care, folosind o comparație plastică a lui Hegel, nu voia să intre în apă pînă cînd nu va învăța să înoate" (citat după V. I. Kurceatov) [11].

Nu știm încă ce surprize ne rezervă viitorul. Propulsia nucleară a navelor și avioanelor devine o realitate sub ochii noștri. Este foarte probabil că „Rachetele fotonice" intersiderale vor deveni în curînd o realitate. Este însă esențial ca toată această energie eliberată să nu scape de sub controlul omenirii. Sîntem în fața celei mai formidabile forțe pe care omenirea a cunoscut-o vreodată; ea ne poate aduce distrugerea sau fericirea. Și între aceste două alternative nu este de ales.

Alături de Uniunea Sovietică, țara noastră duce o politică consecventă de pace, luptînd

* Interesul provocat de aceste cercetări se reflectă larg în literatura semiștiințifică sau de popularizare (vezi de exemplu articolele: „Ce este energia H", în „Orizonturi" din aprilie 1958, „Fusion Power" în Scientific American" vol. 197 nr. 6 din decembrie 1957, pag. 75, 3). „2 000 000 de ani într-o secundă", în „Știință și Tehnică" nr. 5 din 1958, în „Science et Vie" din martie 1957, în „Atomes" nr. 142, martie 1958, în cartea „Stele, atomi și oameni" de I. Toth, București, 1958 etc.

** Nucleonics, vol. 16, nr. 3, p. 62.

*** O masă de 1 Curie de material radioactiv este o masă în care se produc $3{,}7 \times 10^{10}$ dezintegrări în timp de o secundă.

**** Orizonturi, aprilie 1958, p. 24.

***** Citat în [4].

Performanţele principalelor instalaţii occidentale, atinse între 1957—1958 *Tabela 1*

Instalaţia şi locul	ZETA A.E.R.E. Harwell Anglia	Sceptre III AE Aldermastom Anglia	Perhapsatron S_3 Los Alamos S.U.A.	Columbus S_4 Los Alamos S.U.A.	Columbus II Los Alamos S.U.A.	Tore I Fontenay-aux-Rose Franţa
Tipul tubului	Tor	Tor	Tor	Cilindric liniar	Cilindric liniar	Tor
Materialul	Aluminiu	Aluminiu	Sticlă	Porţelan	Sticlă	Sticlă
Diametrul interior al torului sau diametrul cilindrului	~100 cm (39 inch)	~ 30 cm (12 inch)	~5,3 cm (2 inch)	~12,5 cm (5 inch)	~10 cm (4 inch)	7,5 cm
Diametrul exterior al torului, sau lungime cilindrului	~300 cm (117 inch)**	~ 110 cm (43 inch)	~32 cm	~60 cm (24 inch)	~30 cm (12 inch)	78 cm
Curentul de vîrf în kA	187	200	200	250	~1 000	82
Presiunea iniţială a gazului în mm Hg	$2{,}5\times10^{-4}$	5×10^{-4}	3×10^{-4}	4×10^{-4}	10^{-2}	3×10^{-3}
Temperatura în milioane de °K	4,65*	3 ÷ 4	1÷6	4,5	—	0,2÷3
Durata descărcării în secunde	4 000	400	20	—	—	—
Milioane de neutroni emişi pe puls	1,3	0,1	0,2	~0,01	~100	sub 1
Durata fluxului de neutroni în μs	~1	cîteva sute de μ s.*	2÷10	2÷5	1,5	—
Energia de descărcare a condensatorilor în jouli	5×10^{5}	$6{,}8\times10^{4}$	$4{,}45\times10^{4}$	—	—	3×10^{4}

* Există îndoieli cu privire la această dată. Datele omise nu au fost publicate încă în literatură.
** 1 inch = 25,4 mm ; 1 feet = 30,5 cm ; 3 feet = 1 yard = 91,5 cm.

pentru interzicerea necondiţionată a tuturor mijloacelor de distrugere în masă inclusiv arma nucleară. Interzicerea experienţelor cu armele nucleare constituie primul obiectiv al acestei lupte.

Incheiem acest articol, cu speranţa că tratativele de la Geneva, la care participă şi ţara noastră, vor determina încheierea unui acord în concordanţă cu interesele păcii, care va îndepărta pentru totdeauna spectrul războiului şi în primul rînd primejdia groaznică a războiului atomic.

Bibliografie

[1] *R. Post*: „Controlled fusion reactions", Rev. Mod. Phys, (1956) 28, 338, reprodus şi în PIRE, **45** (1957) 134—160.

[2] *J. C. Linhart*: „Power from thermonuclear Reactions" Nuclear Engineering, **2** (1957) 11, 60—65.

[3] *E. Broda* şi *T. Schönfeld*: Aplicaţiile tehnice ale radioactivităţii, Editura Tehnică, Bucureşti, 1959, p. 308.

[4] *P. Treille*: „Vers la fusion nucléaire industrielle", L'âge nucléaire, (1958) *9*, 65—70.

[5] * * * : „The progress of atomic science", Discovery, **19** (1958) 3, 89—93.

[6] . * . : „Плазма как источник энергии", Атомная энергия за рубежом, (1958) *3*, 61.

[7] *Л. А. Арцимович:* „Исследования по управляемым термоядерным реакциям в СССР", Geneva 1958. P/2298, reprodus ulterior în Атоманая Энергия, **5** (1958) 5, 504—508.

[8] *K. A. Schulz*: „A first look at Fusion-Reactor Control, Nucleonics, **15** (1957) 6, 76.

[9] *И. В. Курчатов:* „О возможности создания термоядерных реакций в газовом разряде", АТ. ЭН. **3** (1956) 3, 165.

[10] *L. Gerardin*: „Problèmes de fusion thermonucléaire", L'onde Electrique, **38** (1958) 372, 184.

[11] *И. В. Курчатов:* „Онекоторых работах Института Атомной Энергии Академии Наук СССР по управленяемым термоядерным реакциям". Атомная Энергия, **5** (1958) 2, 105—110.

[12] *Б. Б. Кадомцев* и *С. И. Брагинский:* „Стабилизация плазмы с помощью неоднородных магнитных полей", Geneva 1958, P/2212.

[13] Атомная Энергия, **5** (1958) 3, 346—347.

[14] * * * : „A selection of abstracts and titles of papers presented at the Conference", (Geneva 1958 N. A.), J. of Nuclear Energy, **9** (1958), 269—305.

[15] *В. С. Эмельянов:* „Будущее атомной энергетики в СССР", Geneva 1958, P/2027, reprodus în : AT. ЭН. **5** (1958) 3, 217—222.

[16] *С. Ю. Лукьянов* и *В. И. Синицын:* Спектроскопические исследования высокотемпературной плазмы", Geneva 1958, P/2228.

[17] *И. Н. Головин* и *др:* „Устойчивый плазменный столъ в продольном магнитном поле", Geneva 1958, P/2226.

[18] *С. М. Осовец и др:* „Плазменный виток в поперечном магнитном поле" Geneva 1958, P/2225.

[19] *** : ZETA : The zero energy thermonuclear assenbly, Electrical Energy, **2** (1959) 2, 36—40.

[20] Nr. 361 din Electronic Engineering din Martie 1959 este dedicat descrierii instalaţiei ZETA (conţine patru articole asupra acestei probleme).

[21] Thermonuclear fusion, Atomics & Nuclear Energy, **9** (1958) 11, 58.

[22] * * * : „ZETA : The Men and the Machine, Nuclear Power, **3** (1958) 23, 106.

[23] * * * :„ZETA" : „British comunications and electronics" **5** (1958) 3, 184—186.

[24] Nr. 4604 din Nature (vol. 181, febr. 1958) este dedicat în întregime reacţiilor termonucleare.

[25] *W. B. Thompson*: „Theoretical problems suggested by ZETA, Geneva 1958, P/2.

[26] *P. C. Thoneman* ş. a.: „The Design and Performance at ZETA", Geneva 1958, P/1519.

[27] Nr. 3 din martie 1958 al revistei Atomics & Nuclear Energy este dedicat în întregime reacțiilor termonucleare (revista conține 7 articole asupra acestui subiect).
[28] *Pierre Hubert*: „Les recherches sur la fusion controlée", L'âge nucléaire, (1958) 10, p. 121—128.—
[29] *А. М. Андрианов и др:* „Исследование импульсных разрядов с большой силой тока", Атомная энергия, **3** (1956) 3,76.
[30] *L. Spitzer*: „The Stellarator programe", Geneva 1958 P/2170. Pentru amănunte tehnice se pot consulta publicațiile:
[31] — Nucleonics, **16** (1958) 2,90 și **16** (1958) 5,122.
[32] — Атомная энергия **5** (1958) 5,583.
[33] Атомная Энергия. Стеллараторная программа в США **6** (1958) 3, 353—355.
[34] *E. Fermi*: Elementary particles", Oxf. Univ. Press, 1952.

Intrat în redacție la 20. XI. 1959.

O metodă nouă pentru calculul stabilității termice la scurtcircuit a conductoarelor electrice

Dinu Martac * — București

Continuînd expunerea unei noi metode exacte pentru calculul stabilității termice a conductoarelor la scurtcircuit, autorul compară diferite date de care depinde încălzirea, publicate pînă în prezent, și se fixează asupra unor formule analitice pe care le propune a fi utilizate în calcule mai precise.

CZ 621.3.017.71 : 621.3.014.36.04

Într-un număr precedent al acestei reviste s-a prezentat o metodă nouă pentru calculul stabilității termice la scurtcircuit a conductoarelor electrice. În această a doua parte se vor expune cîteva din metodele existente în literatura tehnică și se vor compara apoi aceste metode cu metoda propusă.

1. Descrierea sumară a altor metode existente în literatura tehnică

În cele de mai jos se va face o descriere succintă a cîtorva metode folosite în prezent în tehnică, fără a se insista asupra deducerilor teoretice pe care se bazează aceste metode.

1—1. *Metoda folosită în tehnica sovietică* [11], [17]. Calculul „solicitării termice specifice" se face folosind formula:

$$S_{[0,t]} = \int_0^t \frac{i^2\,dt}{S^2} = \frac{I_\infty^2}{S^2} t_f, \qquad (1)$$

unde t_f reprezintă timpul fictiv necesar pentru ca curentul I_∞ să producă aceeași „solicitare termică specifică" pe care o produce curentul i în timpul t.

Pentru calculul timpului fictiv se scrie:

$$i = i_a + i_p \qquad (2)$$

și aproximativ neglijînd integrala produsului $i_a\ i_p$:

$$t_f = \int_0^t \left(\frac{i}{I_\infty}\right)^2 dt = \int_0^t \left(\frac{i_a}{I_\infty}\right)^2 dt + \int_0^t \left(\frac{i_p}{I_\infty}\right)^2 dt = t_{af} + t_{pf}. \qquad (3)$$

Această aproximație este admisibilă, după cum s-a arătat la neglijarea termenilor cu numitorul de forma $1 + (T\omega)^2$ din formulele (I), (II) și (III) din anexa primei părți a acestei lucrări.

În formula (3) s-a notat:

$$t_{af} = \int_0^t \left(\frac{i_a}{I_\infty}\right)^2 dt \text{ — timpul fictiv aperiodic} \qquad (4)$$

$$t_{pf} = \int_0^t \left(\frac{i_p}{I_\infty}\right)^2 dt \text{ — timpul fictiv periodic.} \qquad (5)$$

Pentru calculul timpului fictiv aperiodic se ia în considerare relația:

$$i_a = \sqrt{2} I_\infty\, \beta''\, e^{-\frac{t}{T_d}}. \qquad (6)$$

Comparînd membrul al doilea al relației (6) cu prima parte a termenului întîi al relației (8) din prima parte a acestui articol ** se vede că cei doi termeni sînt asemănători, cu excepția factorului $\cos\alpha$, care însă este foarte apropiat de unitate. Rezultă deci că, în ceea ce privește calculul lui t_{af}, metoda propusă se aseamănă cu metoda sovietică.

În metoda sovietică se obține:

$$t_{af} = \int_0^t \left(\frac{i_a}{I_\infty}\right)^2 dt = 2\beta''^2 \int_0^t e^{-\frac{2t}{T_{d_{dt}}}} = \beta''^2 T_d \left(1 - e^{-\frac{2t}{T_d}}\right). \qquad (7)$$

Se consideră:

$$T_d = 0{,}05 \text{ s},$$

$$e^{-\frac{t}{T_d}} \cong 0 \text{ pentru } t > 0{,}1.$$

---

* Ing. D. Martac este inginer proiectant principal la I.S.P.E.

** v. Electrotehnica **7** (1959) 10,346—355 unde se găsește și bibliografia.

Cu aceste simplificări se obține final:

$$t_{af} = 0{,}05\ \beta''^2.$$

În ceea ce privește timpul fictiv periodic, el este reprezentat în fig. 1 ca funcție de timpul real t și raportul $\beta'' = \frac{I_0}{I_\infty}$.

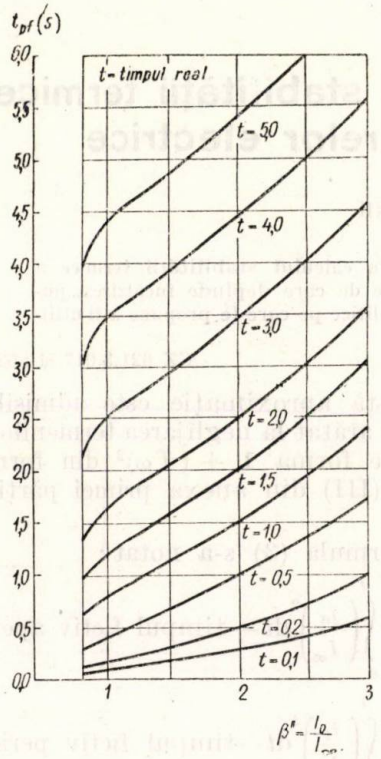


Fig. 1. Timpul fictiv periodic calculat după Ulianov.

Deducerea acestor curbe nu a fost publicată în literatura sovietică de specialitate. Această deducere s-a efectuat pornind de la curbele de decrement date de *Ulianov* [16] și s-au adoptat valori medii aproximative. Informațiile respective au fost obținute din partea profesorului *Ulianov*.

Calculul „rigidității termice specifice" se face în cadrul acestei metode după formula:

$$R_{[\theta_0,\theta_{max}]} = \int_0^{\theta_{max}} \frac{C\gamma}{\rho}\,\mathrm{d}\theta = A_{\theta_{max}} - A_{\theta_0}. \quad (9)$$

În această formulă s-a neglijat factorul de efect pelicular k_p.

Pentru C și ρ se consideră următoarele expresii [11]:

$$C = C_0(1 + \alpha_c\,\theta); \quad (10)$$

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha_R\,\theta); \quad (11)$$

$$A_\theta = \frac{C_0\gamma}{\rho_0}\int_0^\theta \frac{1+\alpha_c\,\theta}{1+\alpha_R\,\theta}\,\mathrm{d}\theta = \frac{C_0\gamma}{\rho_0}\left[\frac{\alpha_c}{\alpha_R}\,\theta + \frac{\alpha_R - \alpha_c}{\alpha_R^2}\ln(1+\alpha_R\theta)\right] = \frac{C_0\gamma}{\rho_0}\left[\frac{\alpha_c}{\alpha_R}\,\theta + 2{,}3026\,\frac{\alpha_R - \alpha_c}{\alpha_R^2}\log(1+\alpha_R\,\theta)\right]. \quad (12)$$

Folosind datele din tabela 1, se obțin pentru A_θ formulele numerice (exprimate în $A^2\,s/mm^4$). Pentru cupru:

$$A_\theta = 16{,}705\,\theta + 105\,750{,}3\log(1 + 0{,}04241\,\theta). \quad (13)$$

Pentru aluminiu:

$$A_\theta = 8{,}587\,\theta + 46\,902\log(1 + 0{,}03867\,\theta). \quad (14)$$

Cu aceste formule se obțin valorile indicate în tabela 1.

Din compararea valorilor conținute în tabelele 3 din partea întîi și tabela 1 din partea a doua a lucrării rezultă că metoda sovietică duce la valori mai mari decît metoda propusă pentru funcția A_θ cu:

— cel mult 0,7% pentru cupru;
— cel mult 3,0% pentru aluminiu.

1—2. *Metoda de calcul folosită în tehnica germană* [21]. Calculul „solicitării termice specifice" se face după cum urmează:

$$S_{[0,t]} = \int_0^t \frac{i^2}{S^2}\,\mathrm{d}t = \frac{I_\infty^2}{S^2}(t + \Delta t). \quad (15)$$

Se vede că în locul timpului fictiv t_f (metoda propusă și metoda sovietică) se găsește expresia $t + \Delta t$.

Tabela 1

θ	(°C)	60	70	100	150	200	250	300
$A_{\theta Cu}$	$\frac{A^2s}{mm^4}$	11 411	13 108	17 907	25 117	31 550	37 374	42 708
$A_{\theta Al}$	$\frac{A^2s}{mm^4}$	4 765	5 481	7 518	9 554	13 387	15 926	18 263

Se poate deci scrie:

$$t_f = t + \Delta t. \quad (16)$$

Mărimea Δt poartă denumirea de timp suplimentar și este indicată într-o diagramă reprezentată în [21] în funcție de timpul t și β''. Timpul fictiv calculat cu ajutorul formulei (16) din valorile timpului suplimentar Δt date în [21] este arătat în figura 2.

În ceea ce privește „rigiditatea termică specifică", se presupune că nici căldura specifică și nici rezistivitatea nu variază în funcție de θ.

Se obține în consecință :

$$R_{[\theta_0,\theta_{max}]} = \frac{C_{med}\,\gamma}{\rho_{med}} \int_{\theta_0}^{\theta_{max}} d\theta = \frac{C_{med}\,\gamma}{\rho_{med}} (\theta_{max} - \theta_0). \quad (17)$$

Valorile medii luate în considerare sînt :

Pentru cupru : $\frac{C_{med}\,\gamma}{\rho_{med}} = 172{,}41 \frac{A^2 s}{mm^4 \cdot °C}$. (18)

Pentru aluminiu :

$$\frac{C_{med}\,\gamma}{\rho_{med}} = 74{,}75 \frac{A^2 s}{mm^4 \cdot °C}. \quad (19)$$

Ca și în cazurile precedente, se poate scrie :

$$R_{[\theta_0,\theta_{max}]} = A_{\theta\,max} - A_{\theta_0}, \quad (20)$$

în care :

$$A_\theta = \frac{C_{med}\,\gamma}{\rho_{med}}\,\theta. \quad (21)$$

Relațiile (21) sînt reprezentate grafic în figura 5 din prima parte a lucrării.

1—3. *Metoda de calcul recent preconizată în tehnica germană.* În [10] și [20] este expusă o metodă de calcul relativ recentă, care probabil urmează a fi adoptată în noua ediție a normelor VDE.

„Solicitarea termică specifică" se calculează cu formula :

$$S_{[0,t]} = \int_0^t \frac{i^2}{S^2}\,dt = \frac{I_0^2}{S^2}\,(m + n)\,t. \quad (22)$$

Coeficienții m și n sînt calculați ca funcții de timpul t și raportul $\frac{1}{\beta} = \frac{I_\infty}{I_0}$ [10] și [20].

Termenul m este aferent componentei aperiodice, iar termenul n este aferent componentei periodice.

Se poate face deci o corespondență între timpurile fictive periodice și aperiodice t_{fp} și t_{fa} pe de o parte și coeficienții m și n pe de altă parte :

$$S_{[0,t]} = \frac{I_\infty^2}{S^2}\,(t_{fa} + t_{fp}) = \frac{I_0^2}{S^2}\,(m + n)\,t =$$

$$= \frac{I_\infty}{S^2}\,\beta''^2\,(m + n)\,t. \quad (23)$$

De aci rezultă :

$$m = \frac{t_{fa}}{t\,\beta''^2}; \quad (24)$$

$$n = \frac{t_{fp}}{t\,\beta''^2}. \quad (25)$$

În [20] sînt indicate variațiile coeficienților m și n în funcție de timpul t și raportul $\frac{1}{\beta} = \frac{I_\infty}{I_0}$.

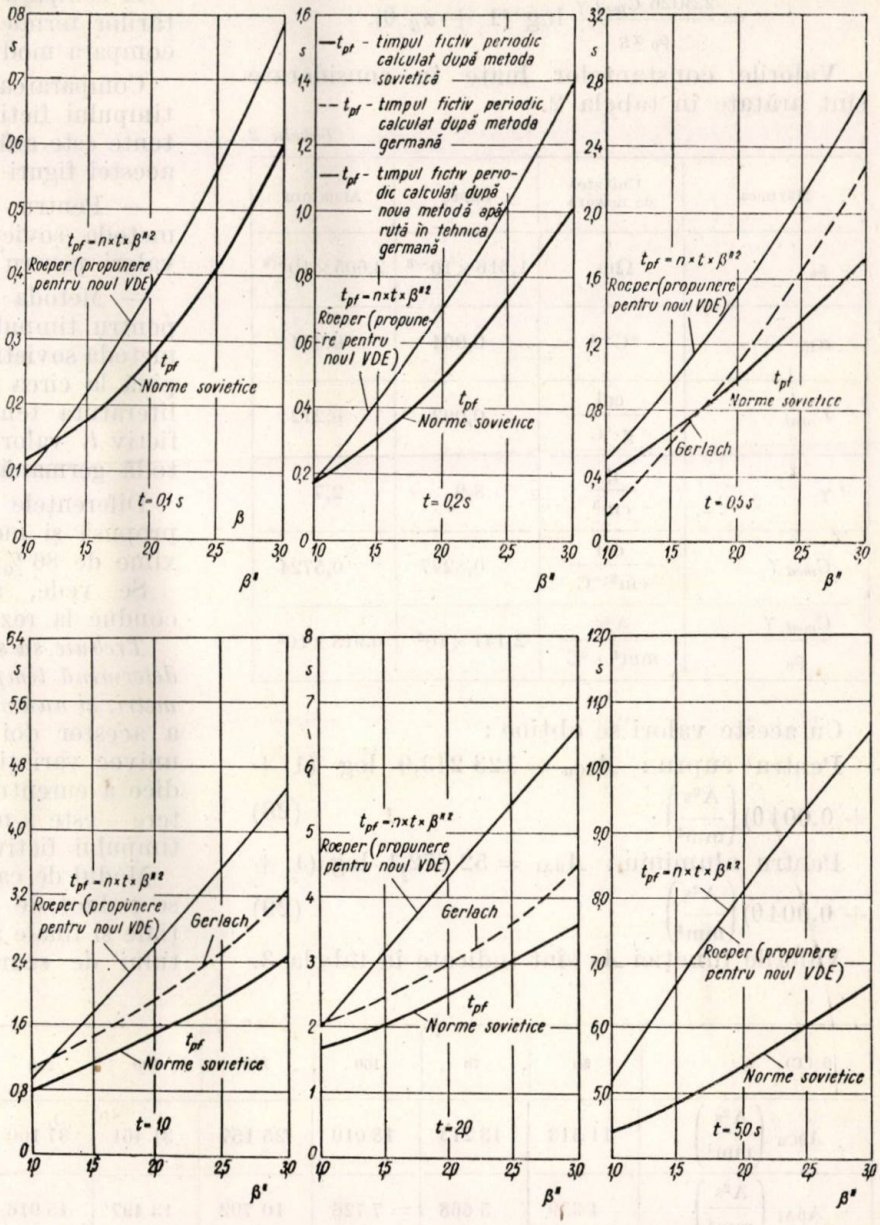


Fig. 2. Timpul fictiv periodic după diferite metode

Pentru a se putea face o comparație cu modul de reprezentare folosit în figura 1, s-a prezentat în figura 2 în loc de coeficientul n valoarea t_{fp} dedusă din relația (25).

„Rigiditatea termică specifică" $R_{[\theta_0,\theta_{max}]}$ se calculează în cadrul acestei metode, considerînd

că numai rezistivitatea variază în funcție de temperatură după formula :

$$\rho = \rho_0 (1 + \alpha_R \theta). \tag{26}$$

Se obține :

$$R_{[\theta_0, \theta_{max}]} = A_{\theta_{max}} - A_{\theta_0} \tag{27}$$

și :

$$A_\theta = \frac{C_{med}\,\gamma}{\rho_0} \int_0^\theta \frac{d\theta}{1+\alpha_R\,\theta} = \frac{C_{med}\,\gamma}{\rho_0\,\alpha_R} L\,(1 + \alpha_R \theta) =$$

$$= \frac{2{,}3026\; C_{med}\,\gamma}{\rho_0\,\alpha_R} \log\,(1 + \alpha_R\,\theta).$$

Valorile constantelor luate în considerare sînt arătate în tabela 2.

Tabela 2

Mărimea	Unitatea de măsură	Cupru	Aluminiu
ρ_0	Ωm	$1{,}616 \times 10^{-8}$	$2{,}605 \times 10^{-8}$
α_R	$°C^{-1}$	0,004	0,004
C_{med}	$\frac{cal}{g \cdot °C}$	0,093	0,212
γ	$\frac{g}{cm^3}$	8,9	2,7
$C_{med}\,\gamma$	$\frac{cal}{cm^3 \cdot °C}$	0,8277	0,5724
$\frac{C_{med}\,\gamma}{\rho_0}$	$\frac{A^2s}{mm^4 \cdot °C}$	$2{,}141 \times 10^2$	$0{,}918 \times 10^2$

Cu aceste valori se obține :

Pentru cupru : $A_{\theta Cu} = 123\,243{,}9 \log (1 + 0{,}004\,\theta) \left(\frac{A^2s}{mm^4}\right)$. (28)

Pentru aluminiu : $A_{\theta Al} = 52\,872{,}1 \log (1 + 0{,}004\,\theta) \left(\frac{A^2s}{mm^4}\right)$. (29)

Valorile funcției A_θ sînt indicate în tabela 3.

Tabela 3

θ (°C)	60	70	100	150	200	250	300
$A_{\theta Cu}\left(\frac{A^2s}{mm^4}\right)$	11 513	13 213	18 010	25 157	31 461	37 100	42 201
$A_{\theta Al}\left(\frac{A^2s}{mm^4}\right)$	4 939	5 668	7 726	10 792	13 497	15 916	18 104

Din compararea valorilor conținute în tabelele 3 din partea întîi și 3 din partea a doua rezultă că această metodă duce la valori care diferă de metoda propusă pentru funcția A_θ cu :

— cel mult 1,05% pentru cupru ;

— cel mult 6,50% pentru aluminiu.

2. Comparație între diferitele metode de calcul

2-1. *Comparație din punctul de vedere al calculului „solicitării termice specifice"*. S-a arătat că în cadrul tuturor metodelor examinate „solicitarea termică specifică" se poate pune sub forma :

$$S_{[0,t]} = \int_0^t \frac{i^2}{S^2} dt = \frac{I_\infty^2}{S^2}\, t_f. \tag{30}$$

A compara modul de determinare a „solicitărilor termice specifice" înseamnă de fapt a compara modul de calcul al timpului fictiv t_f .

Compararea modului de determinare a timpului fictiv între metodele de calcul existente este arătată în figura 2. Din examinarea acestei figuri rezultă următoarele :

— Pentru aceleași valori ale lui β'' și t, metoda sovietică furnizează cele mai reduse valori pentru t_f .

— Metoda actuală în tehnica germană dă pentru timpul fictiv t_f valori mai mari decît metoda sovietică. Diferențele în plus pot ajunge pînă la circa 30%. Metoda recent propusă în literatura tehnică germană dă pentru timpul fictiv t_f valori și mai mari decît actuala metodă germană.

Diferențele dintre noua metodă germană propusă și metoda sovietică ating valori maxime de 86%.

Se vede, așadar, că metodele existente conduc la rezultate destul de diferite.

Trebuie să se observe în plus că toate metodele determină timpul fictiv în funcție de doi parametri, și anume β'' *și* t. Cunoașterea însă numai a acestor doi parametri nu poate determina univoc variația în timp a componentei periodice a curentului de scurtcircuit a cărei cunoaștere este necesară pentru determinarea timpului fictiv.

Modul de calcul folosit în metodele existente se reduce de fapt la determinarea valorii inițiale și finale a componentei periodice a curentului de scurtcircuit, adică la determinarea curbei de variație a componentei susmenționate prin două puncte, și anume punctul inițial și valoarea asimptotică.

În realitate, prin cele două puncte susmenționate pot trece mai multe curbe de alură destul de diferită una față de alta. Din această cauză metoda de calcul propusă introduce un parametru în plus — β_{t1} — și prin aceasta fixează cu suficientă aproximație curba componentei alternative a curentului de scurtcircuit.

Pentru a scoate în evidență avantajul metodei propuse, precum și pentru a face o comparație între toate metodele examinate în această lucrare, se va calcula timpul fictiv în trei cazuri diferite.

Cele trei cazuri sînt definite prin :

Primul caz $\beta_0 = 1$; $\beta_{0,5} = 0,95$;
Al doilea caz $\beta_0 = 1$; $\beta_{0,5} = 0,80$;
Al treilea caz $\beta_0 = 3$; $\beta_{0,5} = 1,8$.

În toate cele trei cazuri de mai sus, timpul fictiv s-a calculat pentru patru valori ale timpului real, și anume 0,5 ; 1,0 ; 2,0 și 5,0 s.

Valorile timpului fictiv t_f calculate sînt indicate în tabela 4.

Tabela 4

Cazul	Timpul real (s)	Metoda propusă	Metoda sovietică	Metoda germană (Gerlach)	Noua metodă germană (Roeper)
1	0,5	0,516	0,450	0,150	0,550
	1,0	0,960	0,850	1,060	1,050
	2,0	1,855	1,700	2,050	2,050
	5,0	4,760	4,450	—	5,200
2	0,5	0,430	0,450	1,050	0,550
	1,0	0,841	0,850	1,060	1,050
	2,0	1,450	1,700	2,050	2,050
	5,0	4,225	4,450	—	5,200
3	0,5	3,165	1,730	2,300	2,760
	1,0	4,288	2,490	3,240	4,590
	2,0	5,506	3,750	4,500	6,650
	5,0	7,220	6,750	—	10,650

Concluziile care se pot desprinde din examinarea tabelei 4 sînt următoarele :

— pentru valori apropiate de unitate ale lui β'', valorile lui t_f calculate după metoda propusă diferă, de cele calculate cu ajutorul metodei sovietice, în plus sau în minus cu maximum 15% ;

— pentru valori relativ ridicate ale lui β'', diferența între metoda propusă și cea sovietică atinge valori mult mai mari, și anume de circa 80% (3,165 s față de 1,73 s) ;

— noua metodă este mai elastică decît cele existente, putîndu-se adapta variației reale a curentului de scurtcircuit. Într-adevăr, în cele două cazuri 1 și 2 diferite din punct de vedere fizic, metodele existente nu pot face distincție, pe cînd noua metodă dă valori diferind între ele cu cîtimi mergînd pînă la circa 20%.

2—2. *Comparație din punctul de vedere al calculului „rigidității termice specifice"*. Se poate observa că nici una din metodele existente nu ia în considerare la calculul „rigidității termice specifice", coeficientul de efect pelicular k_p.

În ceea ce privește funcția A_θ, în ordinea exactității, metodele se pot clasa după cum urmează :

— metoda propusă ;
— metoda sovietică ;
— noua metodă propusă în tehnica germană ;
— metoda germană existentă.

În figura 5 din partea întîi a lucrării s-a reprezentat funcția A_θ pentru prima și ultima din cele două metode sus-menționate ; nu s-au reprezentat celelalte două metode, pentru a nu dăuna clarității figurii.

Pentru a se putea face o comparație numerică între cele patru metode, se va calcula „rigiditatea termică specifică" pentru un conductor din aluminiu, de secțiune circulară și diametrul de 30 mm. Temperatura inițială se consideră 60°C și cea maximă 200°C.

Pentru calculul lui k_p se consideră $\theta_{med} = 130\,°C$; rezultă $\rho = \frac{10^{-6}}{25}\,\Omega \cdot m$ și $\alpha = 1,490$, iar $k_p = 1,025$.

Valorile funcției A_θ, precum și ale „rigidității termice specifice" $R_{[\theta_0,\,\theta_{max}]}$ sînt arătate în tabela 5.

Tabela 5

Metoda	Mărimea	Unitatea de măsură	Valoarea mărimii R	Diferența procentuală față de metoda propusă
Metoda propusă	$R_{[60,200]}$	$\frac{A^2s}{mm^4}$	8 156	0
Metoda sovietică	$R_{[60,200]}$	$\frac{A^2s}{mm^4}$	8 622	+ 5,70
Noua metodă germană	$R_{[60,200]}$	$\frac{A^2s}{mm^4}$	8 558	+ 4,94
Metoda germană existentă	$R_{[60,200]}$	$\frac{A^2s}{mm^4}$	10 465	+28,25

2—3. *Comparație în ceea ce privește determinarea secțiunii minime*. În toate metodele, secțiunea minimă se determină cu formula :

$$S_{min} = \frac{I\sqrt{t_f}}{\sqrt{R_{[\theta_0,\,\theta_{max}]}}} \,. \qquad (31)$$

Pentru compararea soluțiilor, se va calcula prin diverse metode secțiunea minimă necesară din punctul de vedere al stabilității termice.

Datele luate în considerare sînt :

$I_\infty = 5$ kA ; solicitarea termică corespunzătoare cazului 3 (tabela 4) ; $t = 2,0$ s ; temperatura inițială, 60°C ; temperatura finală, 200°C ; materialul conductorului aluminiu.

Se vede că, în cazul analizat, metoda propusă duce la secţiuni mai mari cu 1—19% mai mult decît celelalte metode. În alte cazuri, în care curba reală de variaţie a componentei periodice a curentului de scurtcircuit se găseşte sub curba medie propusă de fiecare metodă, metoda propusă duce la valori de secţiuni mai mici.

Tabela 6

Metoda de calcul	Secţiunea minimă (mm^2)	Diferenţa procentuală faţă de metoda propusă (%)
Metoda propusă	128,0	0
Metoda sovietică	104,2	—18,6
Noua metodă germană	114,5	—10,5
Metoda germană existentă	126,0	— 1,6

3. Concluzii

În lucrarea de faţă s-a prezentat o nouă metodă pentru calculul stabilităţii termice la scurtcircuit a conductoarelor electrice şi s-a comparat această metodă cu altele existente.

Elementele originale ale acestei metode constau în următoarele :

— Introducerea în calculul „solicitării termice specifice" a încă unui parametru pentru a se ţine seamă de evoluţia reală a curentului de scurtcircuit în timp.

— Introducerea în calculul „rigidităţii termice specifice" a variaţiei reale cu temperatura atît a căldurii specifice, cît şi a rezistivităţii, precum şi luarea în considerare a coeficientului de efect pelicular.

Intrat în redacţie la 16. X. 1959

Rezistenţe neliniare de şuntare folosite în descărcătoarele indigene

Silviu Donici şi Mariana Mihăescu* — Bucureşti

Pentru o cît mai eficace protecţie, eclatoarele descărcătoarelor se şuntează cu rezistenţe neliniare din acelaşi material cu cel al discurilor de rezistenţă variabilă din acele descărcătoare. Se expun condiţiile de realizare a acestor rezistenţe în cadrul ICET.

CZ 621.316.93

1. Rolul rezistenţelor neliniare

Rezistenţele neliniare de şuntare formează unul dintre elementele principale ale descărcătoarelor cu rezistenţă variabilă [1]; utilizarea lor este necesară în special în cazul staţiilor importante de înaltă tensiune, sau acolo unde se urmăreşte menţinerea unui nivel de protecţie suficient de coborît (de exemplu : protecţia generatoarelor ce debitează direct în reţea) [1], [2].

Cu ajutorul acestor rezistenţe care pot şunta fiecare eclator în parte sau secţiuni (complete) din pachetul de eclatoare ale unui descărcător, se poate realiza ca tensiunea de amorsare la frecvenţa industrială a descărcătorului să fie aproape egală cu tensiunea de amorsare la impuls a acestuia iar uneori (în cazul descărcătoarelor cu tensiuni nominale mai mari) tensiunea de amorsare la frecvenţa industrială (valoarea maximă) să depăşească valoarea tensiunii de amorsare la impuls [3], [4].

Aceasta se datoreşte faptului că, în funcţionarea normală, prin rezistenţele de şuntare trece un curent de cîteva sute de μA (în cazul supratensiunilor interne mA), valoare care depăşeşte cu un ordin de mărime curentul capacitiv care trece prin descărcător, astfel încît repartiţia tensiunii se face uniform după un divizor rezistiv.

În cazul solicitărilor cu o undă de impuls cu front abrupt, înclinaţia frontului undei corespunzînd unei frecvenţe înalte, curentul capacitiv devine preponderent faţă de cel rezistiv,

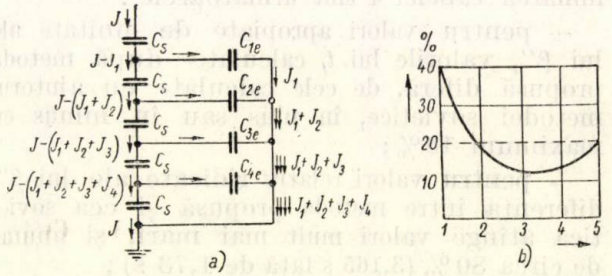


Fig. 1. Repartiţia tensiunii pe eclatoare :
a — repartiţia capacităţilor şi distribuţia curenţilor ; *b* — repartiţia procentuală a tensiunii în funcţie de numărul de ordine al eclatorului.

repartiţia tensiunii efectuîndu-se neuniform, ca urmare a repartiţiei neuniforme a capacităţilor. În fig. 1, *a* [4], în care un număr de 5 eclatoare au fost reprezentate ca nişte condensatoare, se observă circulaţia curenţilor capacitivi, atît datorită capacităţilor proprii a eclatoarelor, cît şi capacităţii acestora faţă de pămînt ; fig. 1, *b*

* Ing. *S. Donici* este şef de laborator la ICET.
Ing. *M. Mihăescu* este cercetător principal la ICET.

indică repartiția tensiunii pe aceste eclatoare, de unde se vede că cea mai mare parte a tensiunii revine primului eclator. Ca urmare a acestei repartiții neuniforme a tensiunii amorsarea se face în cascadă, scoborînd nivelul general de amorsare la impuls [1].

Raportul dintre tensiunea de amorsare la impuls (undă 1/50 μs) și amplitudinea tensiunii de amorsare la frecvența industrială se numește factor de impuls și în mod curent, la descărcătoarele moderne, acesta ia valori cuprinse între 0,7...1.

2. Forme constructive, materialul utilizat

În practică, rezistențele de șuntare se prezintă sub diferite forme (inele, segmente de inel) specifice firmei constructoare. Cele mai des întîlnite sînt însă rezistențele de șuntare inelare. Acestea șuntează fiecare eclator în parte, în timp ce cele în formă de segmente de inel șuntează cîte un complet de 2 sau mai multe eclatoare.

Materialul de bază utilizat la fabricarea lor este carbura de siliciu electrotehnică, aglomerată cu diverși lianți organici sau anorganici. Datorită proprietăților electrice speciale ale carburii de siliciu, aceste rezistențe prezintă caracterul de neliniaritate, fapt care le face mai apte scopului urmărit.

3. Proprietăți electrice și mecanice

a) Rezistențele de șuntare trebuie să asigure în regim normal de funcționare un curent de conducție de ordinul sutelor de μA.

b) Să asigure timp îndelungat trecerea curentului nominal de conducție, fără modificarea caracteristicilor electrice sau distrugerea rezistenței.

c) Să fie cît mai omogene din punctul de vedere al dimensiunilor și al caracteristicilor electrice (conductivitate, neliniaritate), prezentînd totodată o suficientă rezistență mecanică, față de solicitările la care sînt supuse.

Realizarea acestor performanțe depinde atît de materia de bază, carbura de siliciu, cît și de liant și de celelalte faze ale procesului tehnologic (presare, ardere etc.).

4. Soluția constructivă adoptată de ICET

S-au adoptat rezistențele de șuntare în formă de segmente de inel, așa cum se vede în fig. 2.

Rezistențele sînt metalizate cu aluminiu la ambele capete pentru asigurarea unui bun contact electric.

Asamblarea lor față de eclatoarele descărcătorului este arătată în fig. 3, unde este reprezentat un complet de 4 eclatoare unitare șuntat printr-o pereche de rezistențe.

Adoptarea acestei soluții, adică șuntarea unui complet de eclatoare printr-o rezistență formată din două elemente legate în serie, are avantajul că asigură o repartiție a tensiunii pe completele de eclatoare cît mai uniformă; acest lucru este

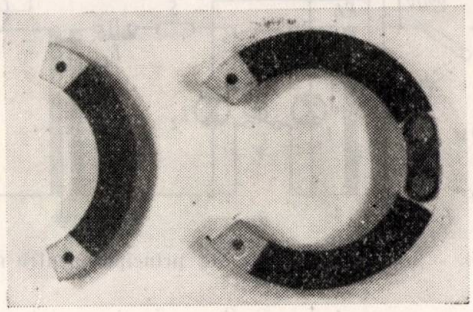


Fig. 2. — Rezistențe de șuntare tip ICET.

posibil deoarece rezistențele se pot combina și asambla astfel încît valoarea globală a rezistenței lor să rămînă constantă, înlăturîndu-se astfel neuniformitatea inerentă fabricației de serie.

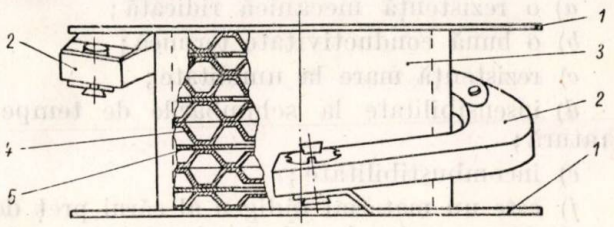


Fig. 3. — Complet de eclatoare cu rezistențe de șuntare:
1 — Disc de contact; *2* — rezistențe de șuntare; *3* — cilindru porțelan; *4* — electrod de eclator unitar; *5* — rondelă distanțoare de micanită.

5. Procesul tehnologic de fabricație a rezistențelor indigene

Pentru realizarea rezistențelor indigene s-a ales ca *materie de bază*, praful de carbură de siliciu electrotehnică fabricată în țară, și anume granulația fină (<0,060 mm) care rămîne neutilizată la fabricarea discurilor cu rezistență variabilă.

În ceea ce privește alegerea *liantului*, după multiple experimentări, s-a adoptat soluția utilizării unui liant organic, anume șelacul.

În scopul asigurării unei conductivități dorite, s-a simțit nevoia adăugării unei cantități reduse de material conductor și anume de praf de negru de fum. Această soluție a permis realizarea unor rezistențe de șuntare neliniare, care să corespundă cerințelor tehnice sus-menționate, fără antrenarea unor faze tehnologice și utilaje prea complicate.

Cu aceste rezistențe s-au echipat 42 descărcătoare, care în anul 1957 au fost montate în rețea.

Cu toate că aceste rezistențe au dat satisfacție, permițînd utilizarea lor în scopuri industriale, totuși cercetările noastre au continuat în această direcție în scopul de a îmbunătăți în

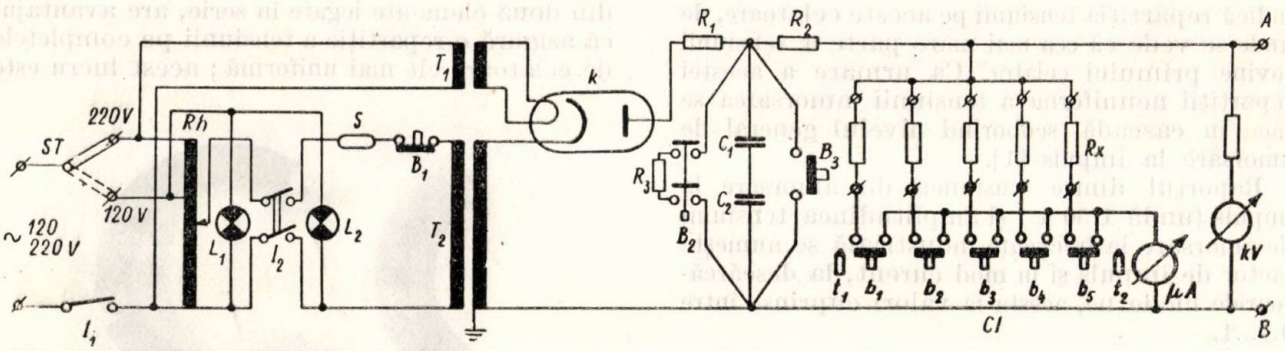


Fig. 4. — Schemă electrică de principiu pentru măsurarea conductivităţii rezistenţelor de şuntare: R_x — rezistenţa de măsurat.

special rezistenţa mecanică şi stabilitatea parametrilor electrici.

În acest scop s-a înlocuit liantul format din şelac cu o soluţie de răşină epoxi în acetonă *. Argumentele care au pledat în favoarea acestei noi tehnologii au fost [5] că răşina epoxi prezintă :

a) o rezistenţă mecanică ridicată ;

b) o bună conductivitate termică ;

c) rezistenţă mare la umiditate ;

d) insensibilitate la schimbările de temperatură ;

e) incombustibilitate ;

f) este un material indigen al cărui preţ de cost este apropiat de cel al şelacului care este un material de import.

Se menţionează, de asemenea că atît fazele procesului tehnologic, cît şi utilajul necesar au rămas aceleaşi.

Loturile experimentale de rezistenţe de şuntare executate cu liant răşină epoxi au prezentat în comparaţie cu cele cu liant şelac o rezistenţă mecanică şi o stabilitate a caracteristicilor electrice faţă de solicitările termice şi electrice mult sporite. Acest lucru reiese din încercările mecanice şi electrice efectuate după cum se arată în capitolele următoare.

6. Încercări şi rezultate electrice

Încercările electrice s-au rezumat în general la două operaţii :

a) Stabilizarea (supunerea rezistenţelor pentru o anumită perioadă de timp la solicitări de tensiune şi curent mai mari decît valorile normale din exploatare.

b) Măsurarea curenţilor la anumite valori ale tensiunii aplicate în vederea stabilirii conductivităţii şi neliniarităţii rezistenţelor de şuntare, atît înainte cît şi după efectuarea operaţiunilor de stabilizare.

Stabilizarea s-a efectuat în paralel atît în curent alternativ, după procedeul ICET, cît şi la impuls după indicaţiile normelor sovietice [6]. Măsurarea curentului de conductivitate s-a făcut la o instalaţie de curent continuu, a cărei schemă este reprezentată în fig. 4 [7].

În fig. 5 este arătat pupitrul realizat pe baza schemei de mai sus care permite efectuarea măsurătorilor cu suficientă exactitate în mod comod şi rapid.**

Pentru determinarea şi substituirea parametrilor electrici n şi k în ecuaţia empirică $i = ku^n$ consacrată rezistenţelor neliniare, s-a determinat tensiunea reziduală pe rezistenţe atunci cînd acestea au fost străbătute de un curent de 60 şi 600 μA. În urma stabilizărilor şi măsurătorilor efectuate pe rezistenţele de şuntare cu liant şelac şi liant răşină epoxi s-a constatat că conductivitatea acestora din urmă se modifică mai puţin decît a acelora cu şelac.

În tabela 1 se poate urmări cum a variat conductivitatea elementelor de rezistenţă după operaţia de stabilizare în curent alternativ (procedeul ICET).

În tabela 2 se dau parametrii k şi n, precum şi ecuaţiile empirice pentru cîteva perechi de

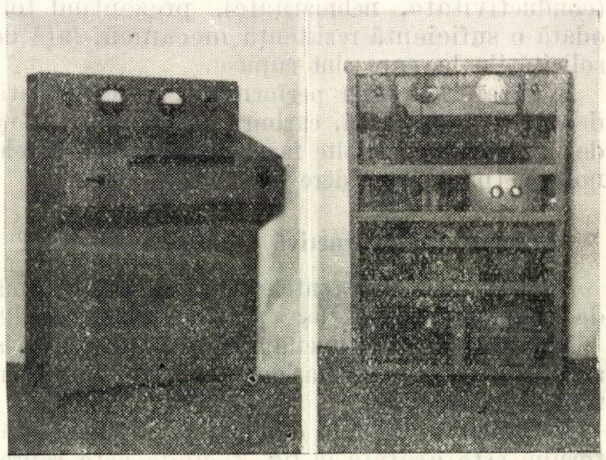


Fig. 5. — Pupitru pentru efectuarea de măsurători electrice pe rezistenţe de şuntare.

* Răşina epoxi a fost executată la ICECHIM de către tov. ing. *Stoenescu F.*

** Pupitrul a fost realizat la ICET de ing. *T. Vascan.*

Tabela 1

Valorile curenților ce străbat diferite elemente de rezistențe de șuntare înainte și după stabilizare; tensiunea aplicată pe elementul de rezistență 2000 V c.c.

Tipul și numărul rezistenței		Valoarea inițială a curentului, μA	Valoarea finală a curentului, μA
Șelac	S_9	665	700
„	S_{10}	435	460
„	S_{33}	1 080	1 145
„	S_{34}	780	815
„	S_{37}	510	530
Epoxi	E_1	480	480
„	E_2	700	700
„	E_4	355	355
„	E_7	525	525

Observație. Valoarea inițială se referă la valoarea rezistenței după o prestabilizare prin trei șocuri de curent la o tensiune alternativă de 4,5 kV

rezistențe de șuntare cu liant șelac și rășină epoxi.

Tabela 2

Valorile parametrilor k și n și ecuațiile corespunzătoare perechilor de rezistențe

Tipul și numărul rezistențelor împerechiate		n	k	Ecuația caracteristică
Șelac	$S_{21} + S_{18}$	2,17	29,3	$i = 29{,}3\ u^{2{,}17}$
„	$S_{22} + S_{10}$	2,20	30,0	$i = 30\ u^{2{,}20}$
Epoxi	$E_5 + K_{12}$	2,09	32,3	$i = 32{,}3\ u^{2{,}09}$
„	$E_8 + K_1$	2,13	32,9	$i = 32{,}9\ u^{2{,}13}$

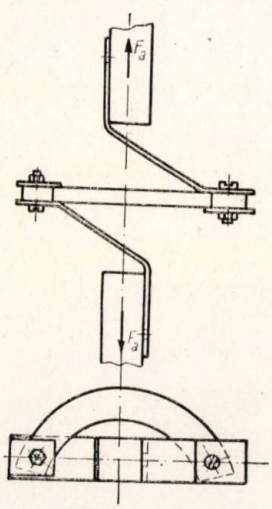
Observație. În ecuațiile carocteristice i este exprimat în μA iar u în kV.

7. Încercări și rezultate asupra rezistenței mecanice

Pentru dovedirea îmbunătățirii rezistenței mecanice la rezistențele cu liant rășină epoxi, s-au făcut o serie de încercări mecanice pe rezistențe de șuntare executate cu cei doi lianți.

Solicitările mecanice s-au făcut în aceleași condiții și ele au constat în:

a) O solicitare mecanică la încovoiere și torsiune în condiții asemănătoare asamblării și funcționării rezistenței conform fig. 6.



← Fig. 6. Modul de prindere în mașină a rezistenței de șuntare în condițiile de încercare corespunzătoare punctului *a* (solicitare la torsiune și încovoiere).

b) O solicitare la încovoiere pe înseși rezistențele de șuntare conform fig. 7.

În tabela 3 se dau rezultatele comparative obținute în cazul solicitării conform punctului *a*.

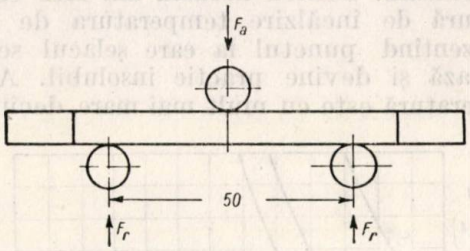


Fig. 7. Modul de prindere în mașină a rezistenței de șuntare în condițiile de încercare corespunzătoare punctului *b*.

Tabela 3

Rezultatele încercărilor mecanice efectuate în condițiile punctului *a*

Felul rezistenței	Forța de rupere kp		
	Determinarea *1*	Determinarea *2*	Determinarea *3*
Șelac	5	5	6
Epoxi	15,6	15,6	14,8

Din tabelă se vede că rezistențele cu liant epoxi sînt cu 200% mai rezistente decît cele cu șelac.

În tabela 4 se dau rezultatele obținute în cazul solicitării conform punctului *b*.

Tabela 4

Rezultatele încercărilor mecanice efectuate în condițiile punctului *b*

Felul rezistenței	Forța de rupere kp		
	Determinarea *1*	Determinarea *2*	Determinarea *3*
Șelac	30	36	—
Epoxi	50	53	—

Din tabelă se vede că rezistența mecanică a rezistențelor cu liant epoxi este cu circa 40% mai mare decît a rezistențelor cu șelac.

În afară de aceste încercări, s-au făcut o serie de probe care au dovedit că rezistențele cu liant epoxi sînt mult mai elastice decît cele cu liant șelac.

8. Încercări și rezultate privind modificarea conductivității electrice ca urmare a tratamentului termic aplicat

Cunoscîndu-se faptul că, în cazul unor defecțiuni accidentale în instalație, rezistențele de șuntare pot fi supuse unor tensiuni mai mari decît cele normale de exploatare, în care caz rezistențele pot atinge temperaturi de circa 70° C, am crezut necesar să facem un studiu

asupra variației conductivității în funcție de timpul în care ele au fost menținute la aceeași temperatură. Pentru aceasta am ales ca temperatură de încălzire temperatura de 180° C reprezentînd punctul la care șelacul se condensează și devine practic insolubil. Această temperatură este cu mult mai mare decît aceea

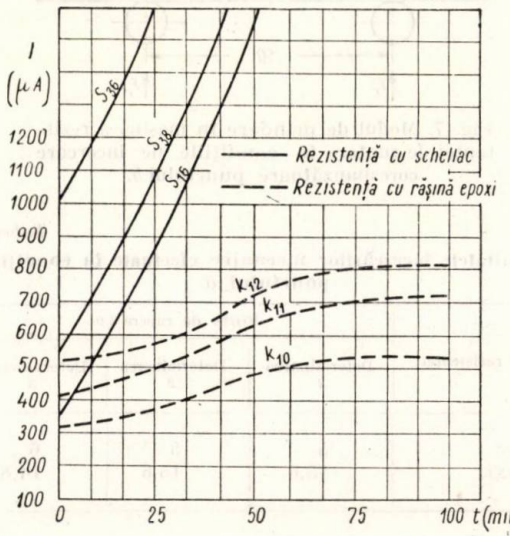


Fig. 8. Curbele de variație a conductivității rezistențelor în funcție de timpul cît ele au fost menținute la aceeași temperatură.

pe care o ating rezistențele în perioada de accident și foarte mare în raport cu cea atinsă în regimul normal de funcționare. De asemenea, această temperatură este apropiată de punctul de întărire a rășinii epoxi întrebuințată de noi. Rezultatele obținute sînt redate în figura 8.

Observație : Regimul de ardere din fig. 8 este aplicat independent de regimul de ardere care face parte din procesul tehnologic.

După cum se observă în fig. 8, rezistențele cu rășină epoxi își modifică conductivitatea într-o proporție mult mai mică decît rezistențele cu șelac; pe cînd curbele de variație a curentului la rezistențele cu șelac urcă continuu, la rezistențele cu rășină epoxi ele devin asimptotice după numai 75 minute de ardere la 180° C. Atît la rezistențele cu șelac, cît și la cele cu epoxi, se observă că pentru aceeași clasă de rezistențe, variația se face după aceeași lege, curbele fiind paralele.

9. Concluzii generale

Rezistențele de șuntare executate după o tehnologie proprie în care s-a folosit ca liant un material nou, rășina epoxi, cu aplicații din ce în ce mai mari în electrotehnică, au permis rezolvarea definitivă a acestei probleme la nivelul tehnicii actuale.

Atît performanțele electrice, cît și cele mecanice satisfac pe deplin condițiile impuse de exigențele exploatării.

Bibliografie

[1]. *Apraxin A. I.* : Descărcătoare pentru protecția contra supratensiunilor atmosferice. Gosenergoizdat, Moscova-Leningrad, 1950.

[2] *Dolghinov A. I.* : Protecția instalațiilor electrice împotriva supratensiunilor atmosferice. Traducere din limba rusă. Ed. Tehnică, București, 1957.

[3] *Willy Rabus* :Überspannungsableiter für höchste Betriebsspannungen. AEG Mitt. **48** (1958) 8/9, 471 — 480

[4] *Szepesi E.* : Construcția și principiul de funcționare a descărcătoarelor de fabricație ungară. Elecktrotechnika **45** (1952) 11—12, 360—362.

[5] *Koller H. Ernst A.* : Produits Oerlikon en résine synthétique coulée. 294 (1952) 39—46.

[6] * * *: Procesul tehnologic pentru confecționarea rezistențelor de șuntare pentru descărcătoarele sovietice seriile PBC, PBBM și PBY-400, Fabrica Proletarii Leningrad.

[7] * * *: Instrucțiuni pentru montajul, profilactica și revizia descărcătoarelor supapă. Ministerul industriei Electrotehnice al U.R.S.S., Fabrica Proletarii, Leningrad.

Intrat în redacție la 16.X.1959.

Note

Considerații asupra încercării transformatoarelor de putere cu trei înfășurări

CZ 621. 314. 212. 045. 53. 001.41

Transformatoarele cu trei înfășurări, în comparație cu cele cu două înfășurări, au o serie întreagă de avantaje. Datorită acestor avantaje, în sistemele energetice, se folosesc din ce în ce mai mult.

În această notă se va arăta metodologia adoptată pentru determinarea pierderilor de scurtcircuit, reactanțelor, căderilor de tensiune, randamentului, cum și pentru verificarea încălzirii prin încercări la standul de probe.

Generalități

Schema echivalentă a bazelor respective a unui transformator cu trei înfășurări (fig. 1) permite efectuarea cu ușurință a calculelor privind diversele regimuri de funcționare ale unui transformator cu trei înfășurări. [1], [2].

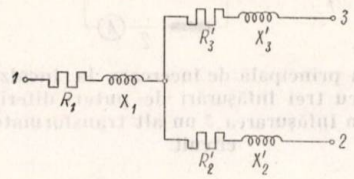


Fig. 1. Schema echivalentă a unui transformator cu trei înfășurări.

În această schemă: X_1; X'_2; X'_3 sînt niște reactanțe echivalente toate raportate la bobinajul *1*, iar R_1; R'_2; R'_3 rezistențele ohmice la 50 Hz iarăși raportate la bobinajul *1*. După [2] valorile acestor reactanțe și rezistențe se deduc din probele de scurtcircuit cum urmează:

$$X_1 = \frac{1}{2}(X_{12} + X_{13} - X_{23})$$

$$X_2 = \frac{1}{2}(X_{12} + X_{23} - X_{13}) \qquad (1)$$

$$X_3 = \frac{1}{2}(X_{13} + X_{23} - X_{12})$$

$$R_1 = \frac{1}{2}(R_{12} + R_{13} - R_{23})$$

$$R_2 = \frac{1}{2}(R_{12} + R_{23} - R_{13}) \qquad (2)$$

$$R_3 = \frac{1}{2}(R_{13} + R_{23} - R_{12}).$$

În relațiile de mai sus spre simplificare s-a considerat că cele trei bobinaje au același număr de spire.

Rezistențele active la 50 H_z se deduc din pierderi, după relația:

$$R = \frac{P_k}{I_k^2}. \qquad (3)$$

Căderile de tensiune parțiale (u_1, u_2, u_3) pentru un factor de putere dat se calculează folosind componentele active (u_R) și reactive (u_X) ale tensiunii de scurtcircuit din relațiile (1) și (2) și anume:

$$u = n\,(u_R \cos\varphi + u_X \sin\varphi) + \frac{n^2}{200}(u_X \cos\varphi - u_R \sin\varphi)^2 \qquad (4)$$

unde $n = \dfrac{\text{puterea reală}}{\text{puterea de bază}}$.

În cazul transformatoarelor cu trei înfășurări de putere diferite toate aceste relații sînt raportate la o putere de bază (de obicei cea mai mare, sau cea mai mică).

În continuare se vor da indicații asupra încercării transformatoarelor cu trei înfășurări de puteri diferite.

Determinarea pierderilor de scurtcircuit și a randamentului

Se execută trei încercări de scurtcircuit între înfășurările *1—2*, *1—3* și *2—3* rămînînd de fiecare dată a treia înfășurare în gol. Se măsoară și pierderile de scurtcircuit. Fiind vorba de transformatoare mari, proba de scurtcircuit se face la un curent mai redus (respectiv puteri mai mici) pe care am numit-o mai sus putere de bază. Pierderile care revin fiecărui bobinaj se determină din relațiile (5) și trebuie calculate la 75°C:

$$P_1 = \frac{1}{2}(P_{12} + P_{13} - P_{23})$$

$$P_2 = \frac{1}{2}(P_{12} + P_{23} - P_{13}) \qquad (5)$$

$$P_3 = \frac{1}{2}(P_{13} + P_{23} - P_{12}).$$

Pierderile totale de scurtcircuit la 75°C sînt:

$$P_k = n_1^2 P_1 + n_2^2 P_2 + n_3^2 P_3, \qquad (6)$$

unde coeficienții n_1, n_2 și n_3 au semnificația arătată la relația (4), respectiv pentru cele trei înfășurări.

Determinarea randamentului se face adăugînd la pierderile în fier pierderile de scurtcircuit din relația (6) pentru diverse sarcini pe cele trei înfășurări.

Determinarea impedanțelor parțiale și a căderilor de tensiune

La cele trei încercări de scurtcircuit executate pe înfășurări luate două cîte două se măsoară și tensiunile de scurtcircuit. Se descompun aceste tensiuni în componentele active (u_R) și reactive (u_X). Componentele active se recalculează la 75°C.

Folosind relațiile (1) și (2) se calculează valorile componentelor active și reactive ale impedanțelor echivalente. De obicei reactanța parțială a înfășurării așezată la mijloc este foarte mică și uneori negativă. Cu aceste valori obținute prin calcul pe baza măsurătorilor, se poate construi diagrama vectorială și schema echivalentă.

Căderile de tensiune se pot determina folosind relația (4) pentru orice cos φ și încărcare a fiecărei înfășurări. Reactanțele parțiale se pot determina și pe cale directă, măsurînd tensiunea apărută la înfășurarea a treia lăsată în gol cu ocazia celor trei măsurători de scurtcircuit [1], [3].

Verificarea încălzirii transformatorului

În cazul că transformatorul are înfășurări de puteri egale, încălzirea lor se poate face aplicînd metoda în scurtcircuit pe cîte două bobinaje, efectuînd două încercări și alegîndu-le în așa fel încît cu posibilitățile standului de încercare să se poată stabili în timpul probei curentul nominal. Se verifică astfel încălzirea celor trei înfășurări.

Dacă însă transformatorul are înfășurări de puteri diferite verificarea încălzirii este mai complicată. Punerea în scurtcircuit a înfășurărilor luate două cîte două, nu se mai poate face la curentul nominal al ambelor bobinaje. Recalcularea încălzirii de la curenți mici (0,3—0,5 I_N) la curent nominal

dă erori. Alimentarea înfăşurării de cea mai mare putere şi punerea în scurtcircuit simultan a celorlalte bobinaje, duce la curenţi foarte diferiţi de valorile nominale în cele trei înfăşurări. Pe înfăşurarea de la mijloc va apărea un curent foarte mare datorită reactanţei foarte mici. Se propun următoarele soluţii :

1. Alimentarea simultană a înfăşurărilor de puteri mai mici şi scurtcircuitarea înfăşurării de putere mare. Se cer în acest caz două surse de tensiune reglabilă şi aceeaşi frecvenţă.

2. Alimentarea unei înfăşurări de putere mai mică, scurtcircuitarea celei de mare putere, iar la bornele înfăşurării cu reactanţă parţială negativă se conectează o reactanţă capacitivă, trifazată variabilă (de exemplu un compensator sincron).

3. Alimentarea înfăşurării de mare putere scurtcircuitarea directă a celei cu reactanţă mai mare şi scurtcircuitarea bobinajului cu reactanţă mică sau negativă printr-o reactanţă inductivă variabilă.

Drept reactanţă inductivă variabilă se poate folosi :

a) Un compensator sincron subexcitat.

b) O reactanţă formată dintr-un bobinaj trifazat cu miez de fier reglabil (reactor trifazat).

c) Un motor asincron, care se găseşte în stare de repaus, iar cele două înfăşurări rotor şi stator legate în serie, sînt alimentate de la înfăşurarea transformatorului cu reactanţă negativă. Prin reglarea poziţiei rotorului se obţine o variaţie de reactanţă mai mare de patru ori decît reactanţa de mers în gol pînă la valoarea reactanţei de scurtcircuit [8]. În acest caz trebuie acordată atenţie deosebită răcirii motorului care nu este ventilat.

d) Un transformator în scurtcircuit de reactanţă convenabilă conectat la înfăşurarea cu reactanţă negativă direct, sau prin intermediul unui autotransformator cu prize multe. Se obţine astfel un reglaj în trepte al impedanţei. Aceasta cea mai practică soluţie.

În toate aceste cazuri se poate stabili prin calcul, în baza schemei echivalente, valoarea reactanţelor necesare şi tensiunea la care vor lucra. Cunoscînd deci datele transformatorului, folosind în calcul relaţiile arătate mai sus şi în baza schemei echivalente care se tratează ca un circuit electric obişnuit, se poate alege cea mai convenabilă soluţie realizabilă în condiţiile existente la platforma de încercare.

În caz că valorile curenţilor în cele trei înfăşurări nu sînt chiar cele nominale dar apropiate de acestea, se poate face recalcularea încălzirilor obţinute pentru curenţii nominali conform indicaţiilor date de standardul britanic [4] şi anume :

$$\theta_{un} = \theta_{ut}\left(\frac{W_n}{W_t}\right)^p$$

$$\Delta\theta_{cu.n} = \Delta\theta_{cu.t}\left(\frac{I_n}{I_t}\right)^q$$

unde :

θ_{un} este supratemperatura uleiului în straturile superioare faţă de temperatura mediului ambiant la sarcină nominală ;

θ_{ut} — supratemperatura uleiului în straturile superioare faţă de temperatura mediului ambiant la sarcina stabilită în timpul probei ;

$\Delta\theta_{cu.n}$ — diferenţa între supratemperatura înfăşurărilor şi supratemperatura medie a uleiului faţă de mediul ambiant la sarcină nominală ;

$\Delta\theta_{cu.t}$ — diferenţa între supratemperatura înfăşurărilor şi supratemperatura medie a uleiului faţă de mediul ambiant la sarcina stabilită în timpul probei ;

W_n — pierderi totale pentru sarcină nominală ;

W_t — pierderi totale stabilite în timpul probei de sarcină ;

I_n — valoarea curentului nominal ;

I_t — valoarea curentului stabilit în timpul probei ;

$q = 1{,}5$ — pentru transformatoarele în ulei cu răcire naturală în aer ;

$p = 0{,}75$ — pentru transformatoarele în ulei cu răcire naturală în aer prevăzute cu ţevi montate direct pe cuvă şi $p = 0{,}67$ pentru transformatoarele prevăzute cu radiatoare, montate direct pe cuvă sau separat.

Încercarea de încălzire în general se execută ca o încercare obişnuită de încălzire prin metoda în scurtcircuit. Drept pierderi totale se introduc pierderile în fier şi pierderile de scurtcircuit. Trebuie să se ţină seama de pierderile care apar în reactanţa cu care se reglează curenţii. În principiu se foloseşte schema din fig. 2. Această schemă s-a aplicat la

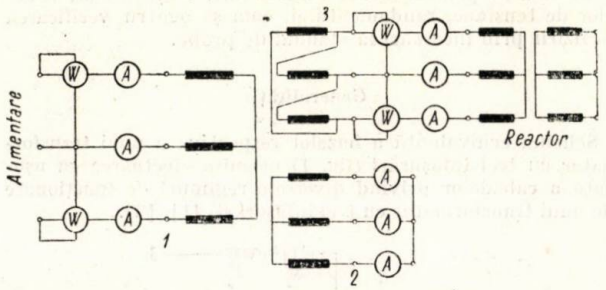


Fig. 2. Schema principală de încercare la încălzire a unui transformator cu trei înfăşurări de puteri diferite, folosind drept reactor în înfăşurarea *3* un alt transformator în scurtcircuit.

uzina Electroputere la verificarea încălzirii unui transformator de 5/3/2 MVA, 132/33/11 kV (fig. 3).

Exemplu. Fie transformatorul cu trei înfăşurări de 5/3/2 MVA, 132/33/11 kV, 21,9/52,5/105 A.

Determinarea pierderilor de scurtcircuit. La cele trei încercări de scurtcircuit s-au obţinut următoarele pierderi :

Între înaltă şi medie tensiune : $P_{12} = 14\,750$ W la 3 MVA
Între înaltă şi joasă tensiune : $P_{13} = 9\,200$ W la 2 MVA
Între medie şi joasă tensiune : $P_{23} = 9\,300$ W la 2 MVA.

Cunoscînd valoarea rezistenţelor ohmice se recalculează de la temperatura de 29,5°C la care s-au măsurat, la 75°C obţinîndu-se :

$P_{12} = 16\,620$ W la 3 MVA şi 75°C
$P_{13} = 10\,482$ W la 2 MVA şi 75°C
$P_{23} = 10\,663$ W la 2 MVA şi 75°C.

Se recalculează apoi la puterea de bază de 5 MVA :

$P'_{12} = 46\,200$ W
$P'_{13} = 65\,500$ W
$P'_{23} = 66\,600$ W.

Cu relaţiile (5) se calculează pierderile pe fiecare înfăşurare la puterea de 5 MVA, obţinîndu-se :

$$P'_1 = 22\,550 \text{ W}; \quad P'_2 = 23\,650 \text{ W}; \quad P'_3 = 42\,950 \text{ W}.$$

Se recalculează după aceea pierderile parţiale la puterea fiecărei înfăşurări :

$P_1 = 22\,550$ W pentru 5 MVA
$P_2 = 8\,520$ W pentru 3 MVA
$P_3 = 6\,860$ W pentru 2 MVA,

de unde pierderile totale în scurtcircuit la puterea de 5/3/2 MVA sînt : 37 930 W.

Determinarea căderilor de tensiune. La încercările de scurtcircuit s-au obţinut tensiunile de scurtcircuit şi componentele lor care sînt :

$u_{k12} = 7{,}23\,\%$, $u_{X12} = 7{,}2\,\%$, $u_{R12} = 0{,}554\,\%$ pentru 3 MVA
$u_{k13} = 3{,}3\,\%$, $u_{X13} = 3{,}26\,\%$, $u_{R13} = 0{,}524\,\%$ pentru 2 MVA
$u_{k23} = 1{,}6\,\%$, $u_{X23} = 1{,}512\,\%$, $u_{R23} = 0{,}530\,\%$ pentru 2 MVA.

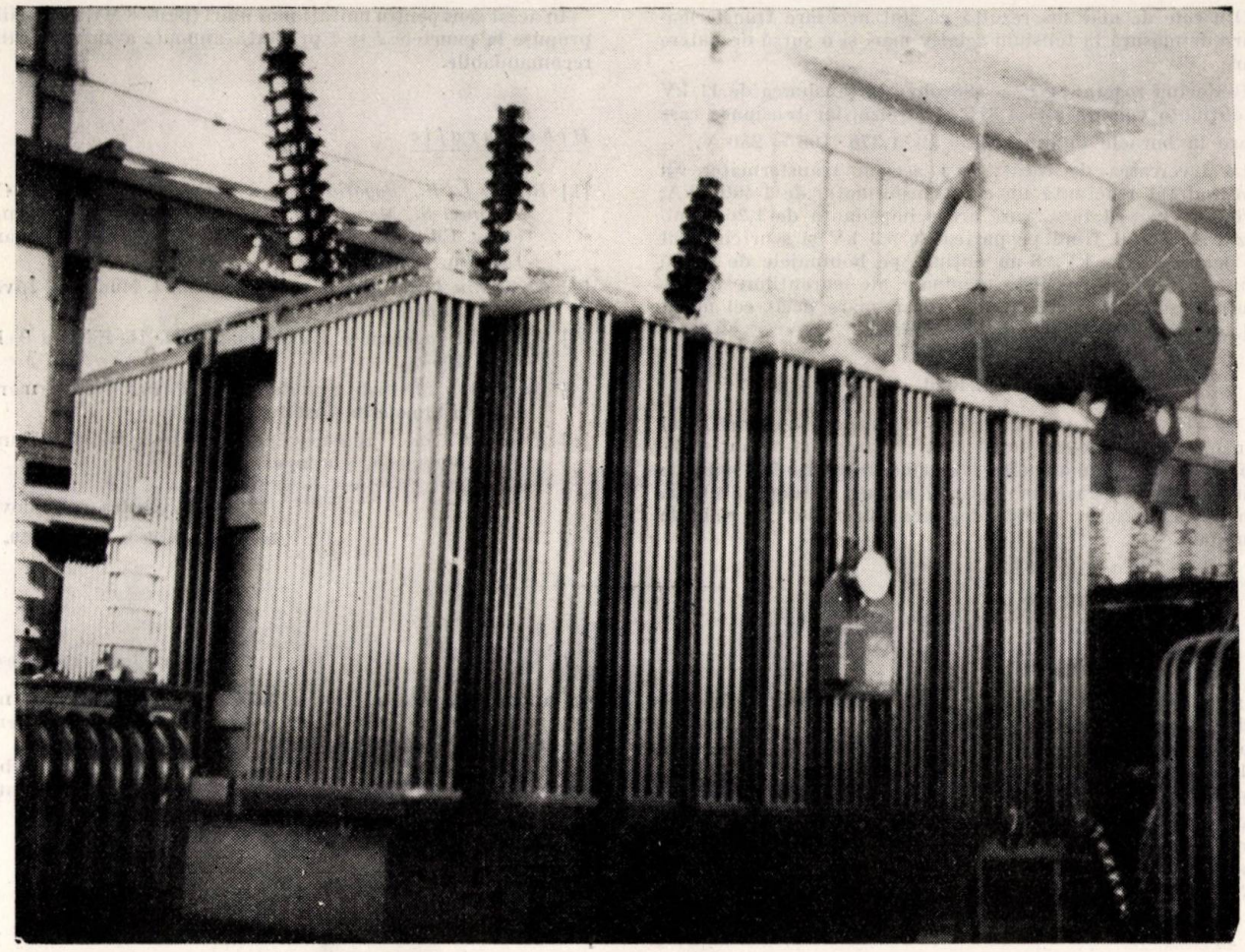


Fig. 3. Aspect din timpul probelor transformatorului de 5/3/2 MVA 132/33/11 kV la standul de probe din uzina Electroputere.

Raportînd aceste valori la puterea de bază de 5 MVA şi folosind relaţiile (1) şi (2) se obţin reactanţele şi rezistenţele parţiale, raportate la puterea de bază de 5 MVA :

$$X_1 = 8{,}19\ \%, \quad X_2 = 3{,}8\ \%, \quad X_3 = 0{,}035\ \%$$
$$R_1 = 0{,}454\ \%, \quad R_2 = 0{,}469\ \%, \quad R_3 = 0{,}856\ \%.$$

Schema echivalentă a acestui transformator se poate vedea în fig. 4.

Calcularea reactanţei necesare la proba de încălzire. Alimentarea se face pe partea de înaltă tensiune (132 kV).

Înfăşurarea de medie tensiune se scurtcircuitează direct, iar cea de joasă tensiune se scurtcircuitează prin reactanţa x'.

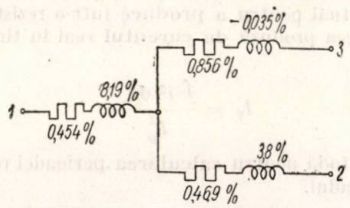


Fig. 4. Schema echivalentă a transformatorului cu trei înfăşurări 5/3/2 MVA, 132/33/11 kV. Reactanţele şi rezistenţele parţiale sînt raportate la puterea de 5 MVA în valori relative.

În calcul se neglijează rezistenţa ohmică, eroarea introdusă prin aceasta fiind foarte mică. Impunîndu-se condiţia ca fiecare înfăşurare să fie încărcată la curentul nominal, în baza schemei echivalente din fig. 6 s-a determinat valoarea reactanţei $x' = 198$ ohmi.

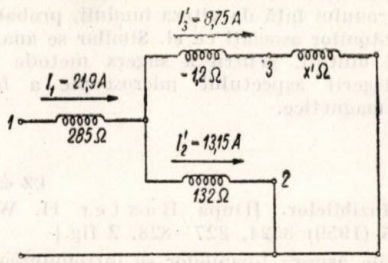


Fig. 5. Schema echivalentă a transformatorului de 5/3/2 MVA în cazul conexiunilor pentru proba de încălzire. Rezistenţele ohmice s-au neglijat. Reactanţele sînt reduse la partea de înaltă tensiune (132 kV) şi raportate la puterea de 5 MVA valori absolute.

Tensiunea necesară pentru a obţine curenţii nominali rezultată din calcul este de 13,8 kV. Puterea necesară la proba de încălzire este pentru curenţii nominali :

$$P_k = \sqrt{3}.13{,}8.21{,}9 = 520 \text{ kVA}.$$

Pentru suprasarcina de 30 % încărcat la pierderi totale se ajunge la o putere :

$P'_k = \sqrt{3} \cdot 21 \cdot 31 = 1\,130$ kVA, valoare măsurată în timpul probei.

Din cele de mai sus rezultă că sînt necesare transformatoare de măsură la tensiuni relativ mari şi o sursă de putere mare.

Reducînd reactanţa $x' = 198$ ohmi la tensiunea de 11 kV se obţine o valoare $x = 1{,}375$ ohmi/fază, iar tensiunea care apare la bornele ei este $U_x = \sqrt{3} \cdot 1{,}375 \cdot 105 = 250$ V.

La încercarea de încălzire a acestui transformator s-a folosit drept reactanţă un alt transformator de 1 400 kVA, 15/6,3 kV $u_k = 4{,}46\,\%$, care are o impedanţă de 1,26 ohmi/fază, alimentat fiind pe partea de 6,3 kV şi scurtcircuitat pe partea de 15 kV. S-au obţinut pe bobinajele de înaltă şi medie tensiune valorile nominale ale curenţilor, iar pe joasă tensiune un curent cu 3 % mai mare decît cel nominal, deci condiţii ideale de încărcare.

Concluzii

Din cele de mai sus rezultă că verificarea încălzirii unui transformator de mare putere cu trei înfăşurări de puteri diferite ridică cele mai multe probleme, necesitînd o sursă de mare putere şi transformatoare de măsură la tensiuni înalte, cum şi un reactor pentru reglarea curenţilor la valorile nominale.

În acest sens pentru unităţi mai mari (peste 8 MVA) soluţiile propuse la punctele *1* şi *2* prezintă anumite avantaje şi sînt recomandabile.

Bibliografie

[1] *Blume L. F., Boyajian A., Camilli G., Lennox T. C., Minneci S., Monstinger V. M.*: Transformers Engineering. Editura John Wiley, New York şi Chapman, London, 1951.

[2] *Gheorghiu I. S.*: Maşini electrice, vol. I. Ministerul Învăţămîntului şi Culturii, 1957.

[3] Manualul Inginerului Electrician, vol. II. Editura Tehnică, 1954.

[4] B. S. 171 : British Standard for Power Transformers. British Standards Institution 1959.

[5] *Kovács K. Pál*: Villamosgépek üzemtana. vol. I. Editura Tankönyvkiadó, Budapest, 1952.

Ing. **D. Cîrstea** — Craiova

Intrat în redacţie la 24. VII. 1959.

Referate

CZ 537.71 : 621.317.081

„Explicări" ale constantelor şi unităţilor electrice şi magnetice. (On explanations of electric and magnetic constants and units). [După J. Franklin Inst. **267** (1959) 3, 201—210, 1 tab, 6 ref.].

Folosind metode dimensionale, autorul articolului sugerează că „explicările" constantei dielectrice a vidului ε_0 şi a permeabilităţii magnetice a vidului μ_0 se pot reduce la relaţiile lor posibile cu patru mărimi fundamentale, ca de exemplu:

$$\varepsilon_0 = m_e^2 \, (\hbar \alpha_e \, c) \quad \text{şi} \quad \mu_0 = \hbar \alpha_e \, (m_e^2 \, c)^{-1}$$

($\hbar$ — momentul unghiular, m_e — masa electronului, α_e — constanta structurii fine, c — viteza luminii).

Ultima relaţie reflectă o proprietate specifică intrinsecă a electronului, adică o constanţă a raportului momentului său magnetic (magnetonul lui Bohr) către spinul său ($h/2$). Primul, egal cu $1/\mu_0 \, c^2$, reflectă o relaţie intrinsecă adiţională a electronului faţă de viteza luminii, probabil o caracteristică a fotonilor asociaţi cu el. Similar se analizează alte constante şi unităţi, pentru a sugera metode posibile în scopul înţelegerii aspectului microscopic a fenomenelor electrice şi magnetice.

A.S.

CZ 621.316.923.017

Parametrii fuzibilelor. [După Baxter H. W.: Electr. Times **135** (1959) 3524, 827—828, 2 fig.]

În discuţiile asupra fuzibilelor se întrebuinţează termeni de specialitate a căror semnificaţie nu este totdeauna bine precizată. De aceea, articolul de faţă explică sensul şi folosirea cîtorva termeni, atrăgînd totodată atenţia asupra dificultăţilor care rezultă din folosirea lor greşită.

„Curentul eventual" (al unui circuit) indică valoarea intensităţii eficace a curentului care trece printr-un circuit dacă s-ar înlocui siguranţele fuzibile printr-un element de legătură de impedanţă neglijabilă. În practică curentul eventual nu apare niciodată, căci niciodată rezistenţa fuzibilului nu este nulă. Un caz particular al curentului eventual este curentul de scurtcircuit, şi anume valoarea lui maximă.

Pentru măsurarea energiei care trece printr-un fuzibil pînă în momentul amorsării arcului se foloseşte termenul „amperi² secunde", care este dimensiunea expresiei.

$$I^2 t = \frac{mc \log \, (1 + \alpha\theta)}{0{,}24 \, r_0 \, \alpha},$$

în care:

m este masa elementului fuzibil;
c — căldura specifică a elementului fuzibil;
θ — creşterea temperaturii;
r_0 — rezistenţa elementului fuzibil (rece);
α — coeficientul de temperatură al rezistenţei;
t — timpul;
I — curentul (constant);

care pentru un timp scurt este constantă pentru o siguranţă dată. Pentru un curent sinusoidal:

$$I_{v\,max}^2 \left(\frac{t}{2} - \frac{\sin 2 \, \omega t}{4\omega} \right).$$

„Timpul virtual" este, după C.E.I. nr. 66 şi B.S. 2692 : :1956, timpul cît ar trebui să curgă un curent egal cu curentul eventual pentru a produce într-o rezistenţă o energie egală cu cea produsă de curentul real în timpul real de funcţionare:

$$t_v = \frac{\int i^2 \, dt}{I_p^2}.$$

Se dă o metodă pentru calcularea perioadei reale de preamorsare a arcului.

A. S.

Documentare

621.3 *Electrotehnică generală*

CZ 621.3.017.3+.72

Pierderi magnetice la temperaturi joase. [După E. H., Brown, Brennand, Jr., J. R.: J. Appl. Phys. **30** (1959) 1, 112—114, 3 diagr., 1 ref].

Pierderile magnetice totale într-un miez de transformator din oţel cu siliciu au fost măsurate la temperaturi între 20 şi 273°K, folosind o undă de flux de frecvenţă variabilă cu amplitudini ale cîmpului magnetic B_m variind între 2 şi 10 kilogauss. Partea pierderilor produsă de efectul histerezis, independentă de frecvenţă, a fost obţinută prin extrapolare grafică. Pentru toate intensităţile cîmpului această pierdere histerezis creşte cînd scade temperatura, dar creşterea relativă la orice temperatură este independentă de intensitatea cîmpului. La toate temperaturile pierderile histerezis pot fi reprezentate, în limitele preciziei datelor, prin ecuaţia empirică a lui Steinmetz $W_h = w(T) B_m^n$. S-a mai constatat că exponentul n din această ecuaţie este independent de temperatură. Articolul conţine o diagramă care reprezintă pierderile datorite curenţilor turbionari, variabile cu frecvenţa, pentru o tolă de 0,014 inch (= 0,35 mm).

A. S.

CZ 6.21.3.064.1 : 621.316.54

Scurtcircuitul kilometric. [După A. Hochrainer: Elektrotechn. Z. (ETZ-A) **89** (1959) 3, 65—70.]

Solicitarea unui întreruptor care deschide un scurtcircuit la borne poate să fie mai mică decît dacă scurtcircuitul se află la o distanţă de cîţiva kilometri, cu toate că puterea de scurtcircuit scade în urma creşterii reactanţei, deoarece tensiunea de revenire poate să apară cu o pantă mai mare. Cum la reuniunea CIGRÉ din 1958 s-a comunicat că în Franţa multe defecte de întreruptoare au avut loc din aceste motive, autorul cercetează fenomenele tranzitorii pe baza unui circuit echivalent şi cu ajutorul metodei celor patru parametri. Din teorie se deduc expresiile celor patru parametri în funcţie de distanţa la scurtcircuit şi relaţiile se reprezintă în diagrame. Se mai indică o expresie pentru rigiditatea dielectrică rezultantă a spaţiului de arc funcţie de timp pentru diferite frecvenţe proprii ale reţelei. Astfel se poate formula condiţia ca arcul să nu se reaprindă după trecerea prin zero a curentului, atît pentru un scurtcircuit la bornele întreruptorului, cît şi pentru cel kilometric. Rezultă două domenii ale frecvenţei proprii în care comportarea întreruptorului este diferită. Dacă frecvenţa proprie întrece o limită superioară, atunci întreruptorul care deconectează un scurtcircuit pe bare stăpîneşte şi pe cel kilometric. Sub această valoare limită există posibilitatea ca tensiunea de restabilire tranzitorie să întreacă la prima amplitudine rigiditatea dielectrică, deci ca întreruptorul să nu poată deconecta.

Se stabileşte prin calcule aproximative că mai ales întreruptoarele cu curent postarc pronunţat devin sensibile la efectele scurtcircuitului kilometric, chiar dacă pot deconecta un scurtcircuit la borne. La frecvenţe proprii relativ joase prima amplitudine a tensiunii de restabilire poate întrece rigiditatea dieţectrică a spaţiului de arc în cazul cînd aceasta nu se restabileşte suficient de repede. Condiţiile calculului aproximativ au fost alese mai severe decît cele reale, totuşi relaţiile arată că anumite tipuri de întreruptoare (cu curenţi postarc mai mari) pot să întîmpine dificultăţi la deconectarea scurtcircuitelor kilometrice.

A. A.

621.313 *Maşini electrice*

CZ 621.313.13-181.4 : 621.313.223 : 621.313.323

Motorul de curent continuu sincronizat. [După H. Völz: Elecktrom. Rolsch. **13** (1959) 9, 328—330, 3 fig.]

Convertizorul rotativ este în general un motor derivaţie, la care două lamele diametral opuse ale colectorului sînt conectate la inele, de pe care se poate culege tensiunea alternativă dorită. În anumite condiţii convertizorul poate fi exploatat şi invers. Aplicînd tensiune alternativă la inele, el funcţionează ca motor sincron şi debitează o tensiune continuă. Folosit cu motor derivaţie, el s-ar putea sincroniza prin aplicarea unei anumite tensiuni alternative la inele. Cuplul principal ar putea fi furnizat de partea de curent continuu, în timp ce partea alternativă ar avea de debitat numai puterea pentru variaţiile sarcinii şi ale componentei continue. Deci cu o putere alternativă foarte mică motorul ar putea fi menţinut la o turaţie impusă de frecvenţa tensiunii alternative. Primele experienţe nu au avut succes. Motorul se putea sincroniza, dar se stabileau curenţi de egalizare mari între partea de curent continuu şi cea de curent alternativ. Practic aceşti curenţi nu produceau în motor nici un cuplu. Ei curgeau direct în sursa de curent continuu, care se încarcă şi se descarcă alternativ. Într-o a doua variantă, pentru curentul alternativ s-a montat o înfăşurare auxiliară pe rotor. În acest caz s-au produs abateri neînsemnate faţă de rezultatele aşteptate, explicabile prin aceea că partea de curent alternativ nu produce nici un cîmp rotativ. Din acest motiv au fost montate două înfăşurări auxiliare decalate cu 90° şi s-a alimentat cu faza auxiliară cu condensator obişnuit. Motorul se poate folosi şi cu o singură înfăşurare auxiliară ceea ce ar necesita o putere de sincronizare dublă, însă simplifică execuţia. Aceasta este util îndeosebi cînd este necesară variaţia frecvenţei. Se foloseşte în tehnica măsurătorilor, unde sînt necesare motoare în turaţie foarte constantă. Întrucît permite obţinerea unui acelaşi cuplu cu mai puţin de 1/10 din puterea în curent alternativ, se poate alimenta din generatoare electronice foarte mici, chiar cu transistori.

A. S.

CZ 621.313.2-713

Maşini de curent continuu cu răcire cu apă. [După N. P. Ivanov: Vestn Elektroprom. **30** (1959) 2, 1—4,5 fig.]

Pentru reducerea gabaritelor maşinilor de curent continuu se pune problema intensificării răcirii prin folosirea unei construcţii cu răcire interioară cu apă. Aceasta se face cu ajutorul unor elemente speciale, compuse din discuri de alamă pe care sînt lipite tuburi din acelaşi material. Distribuitorul de apă şi tuburile de răcire sînt perfect etanşate faţă de maşină.

Se prezintă rezultate comparative pentru motoare cu răciri diferite: simplă, cu apă, şi cu autoventilaţie. Prin trecerea de la răcirea simplă la răcirea cu apă, puterea motorului creşte de la 4 la 17 kW. Consumul de apă circa 15 l/min, temperatura apei la intrare 12°C. În prima construcţie experimentală nu s-au folosit toate posibilităţile de răcire interioară cu apă. În construcţiile viitoare se prevede creşterea numărului elementelor de răcire. În afară de avantajul micşorării gabaritelor maşinii, răcirea cu apă rezolvă favorabil următoarele probleme tehnice:

a) datorită folosirii unei construcţii capsulate se realizează o izolare perfectă a bobinajelor (eliminîndu-se pătrunderea prafului şi a umezelii);

b) datorită eliminării ventilatoarelor se reduce zgomotul maşinii.

Deosebit de eficientă este folosirea răcirii cu apă la maşinile care lucrează în regimuri variate de viteză şi ale căror ventilatoare măresc gabaritul şi zgomotul.

A. B.

CZ 621.313.322-81-712

Despre răcirea cu lichide a turbogeneratoarelor [După Vestn. Elektroprom,, **30** (1959) 3, 8—16.]

Se analizează critic metodele obişnuite de răcire al turbogeneratoarelor cu gaze (aer şi hidrogen) şi cu lichide (apă, şi ulei de transformator), insistîndu-se asupra răcirii cu lichide. Schema principială a răcirii cu apă a rotorului se prezintă pe o construcţie sovietică cu un diametru al rotorului de 100 cm.

Se calculează pierderile din rotor şi se dau diagrame pentru dimensiunile tuburilor de răcire. Se arată criteriile pentru alegerea formelor canalelor de răcire.

Răcirea statorului ar trebui să fie omogenă, în sensul că atît bobinajele cît şi fierul să fie răcite cu lichide. Se prezintă

o construcţie sovietică folosind răcirea cu ulei de transformator. Pe lîngă avantajul unei economicităţi a construcţiei, survin şi unele deficienţe ca : necesitatea folosirii unui ulei mineral neinflamabil (de pildă silicio-organic) care este foarte scump şi necesitatea tratării speciale (compoundare) a izolaţiei statorului pentru a o face rezistentă la uleiuri. De aceea s-a trecut la folosirea apei care în comparaţie cu uleiul are următoarele avantaje : *a*) transmiterea căldurii de 6—7 ori mai intensă ; *b*) neinflamabilitate şi *c*) este mult mai ieftină. În concluzie se arată că răcirea cu apă este cea mai indicată nu numai la turbogeneratoare, ci şi la alte maşini mari, hidrogeneratoare, maşini sincrone şi asincrone şi chiar şi la maşini de curent continuu. *A. B.*

CZ 621.313.332.1

Exploatarea generatoarelor asincrone în paralel cu reţelele de tensiune şi frecvenţa constantă F. [După F. German : Siemens.-Z. **33** (1959) 1, 38—43.]

Costul relativ ridicat al construcţiilor la centralele hidroelectrice mici — pînă la cîţiva MVA — a impus reducerea preţului de cost al părţii electrice pentru a menţine cheltuielile totale la un nivel redus. De asemenea, s-a căutat reducerea cheltuielilor de exploatare pentru a permite o amortizare mai rapidă.

Pentru aceste motive se folosesc generatoarele asincrone care sînt de fapt motoare asincrone cu rotorul în scurtcircuit. Ele sînt maşinile electrice cele mai robuste, avînd ca singură piesă în mişcare rotorul, sînt lipsite de inele, colector, perii sau excitatrice, astfel încît cheltuielile de exploatare sînt practic nule şi nu necesită o supraveghere continuă. Pentru funcţionarea automată sau telecomandă generatoarele asincrone sînt deci cele mai indicate, cu atît mai mult cu cît nu necesită nici un dispozitiv pentru reglarea tensiunii şi cuplarea în paralel cu reţeaua.

Defectul generatoarelor asincrone este că la scăderi mici de putere scade sensibil factorul de putere. Pentru acest motiv fluctuaţiile de putere şi de tensiune din reţea trebuie preluate pe generatoarele sincrone.

Cu toate că s-au construit generatoare asincrone pînă la 5 MVA, domeniul lor principal de utilizare este între 20 şi 2 000 kW.

Consideraţiile economice — studiate detaliat — arată pentru fiecare caz în parte dacă energia reactivă necesară magnetizării trebuie luată din reţea sau prin condensatoare.

După studierea particularităţilor constructive ale centralelor electrice cu generatoare asincrone şi după studierea diagramelor respective, se examinează caracteristicile de funcţionare printre care cele mai importante sînt :

— Puterea maximă este dată numai la o anumită valoare negativă a alunecării.

— Factorul de putere se înrăutăţeşte sensibil la sub- sau suprasarcină.

— În cazul unui scurtcircuit interior sau exterior generatorul asincron nu debitează.

— O scădere a frecvenţei reţelei cauzează o mărire a curentului debitat.

— La fluctuaţiile de tensiune generatorul asincron reacţionează prin modificarea curentului reactiv de magnetizare.

Reglajul turbinei se poate face manual atunci cînd nivelul apei nu suferă variaţii bruşte sau mari, lucru ce se realizează uşor în multe cazuri cu un sistem de deversare. Se prevede însă în tot cazul un dispozitiv de închidere a apei care acţionează în cazul descărcării bruşte a generatorului. În cazul fluctuaţiilor puternice şi dese ale nivelului apei, se prevede exploatarea automată.

Deoarece turaţia generatorului asincron este dependentă de frecvenţa reţelei, nu este necesar un regulator de turaţie pentru turbina cu apă.

N.K.

621.314.2 *Transformatoare*

CZ 621.314.224.3 : 045.5.0172

Metode pentru accelerarea uscării transformatoarelor de curent la tensiuni 35—220 kV. [După S. P. Baliberdin : Vestn. Elektroprom. **30** (1959), 4, 71—75, 4. fig.]

Pentru reducerea timpului de uscare a izolaţiei de hîrtie la transformatoarele de curent de înaltă tensiune, se propune înlocuirea sistemului de încălzire exterioară electric sau cu abur, prin alte sisteme de încălzire directe, electrice ale bobinelor şi anume :

1. Alimentarea bobinajelor primare cu curent alternativ, scurtcircuitînd în acelaşi timp bobinajele secundare.

2. Alimentarea transformatoarelor cu curent alternativ din partea bobinajelor secundare şi cu scurtcircuitarea bobinelor primare prin inducţie.

3. Alimentarea transformatoarelor cu curent alternativ din partea bobinajelor primare şi cu alimentarea simultan cu curent continuu a bobinajelor secundare. Se arată că cel de-al doilea şi al treilea sistem asigură variaţiile necesare de curenţi din punctul de vedere al încălzirii. Mai simplu pare cel de-al doilea sistem. Totuşi este necorespunzător pentru transformatoarele la care bobinajele secundare au curenţi normali sub 1 A, căci în acest caz alimentarea necesită tensiuni ridicate şi deci periculoase pentru izolaţie. Cel de-al treilea sistem asigură o mai egală încălzire a bobinajelor, însă necesitatea folosirii a două feluri de curenţi creează greutăţi în exploatare.

Pentru verificarea calculelor s-au experimentat sistemele de mai sus la transformatoare de curent pentru tensiuni : 35, 110, 154 şi 220 kV în condiţii de laborator. Controlul uscărilor s-a făcut prin măsurarea în timp a tg δ şi a R_{iz}, considerîndu-se terminate uscările după obţinerea unor valori constante de cel puţin 3 ore a caracteristicilor dielectrice de mai sus.

Se arată că, prin încălzirea electrică a bobinajelor, timpul de uscare a transformatoarelor de curent se micşorează de aproape 5 ori. În acelaşi timp caracteristicile dielectrice ale izolaţiei se îmbunătăţesc, observîndu-se o scădere cu circa 30% a tg δ şi o creştere cu 20% a R_{iz}.

A. B.

CZ 621.314.212.027.5.001.13

Noua serie de transformatoare de forţă de gabarite I şi II pentru 6 şi 10 kV. [După R. A. Oganian : Vestn. Elektroprom. **30** (1959), 9, 5—8, 5 fig.]

În noua serie s-au prevăzut zece tipuri de transformatoare. Pentru gabaritul I scala de putere este : 20, 35, 60 şi 100 kVA. Pentru gabaritul II : 180, 320 şi 560 kVA. În afară de acestea, gabaritul II mai are puterile intermediare : 135, 240 şi 420 kVA.

Comparativ cu vechea serie sovietică de transformatoare, pierderile totale sînt reduse cu 15—25%. Raportul pierderilor de scurtcircuit faţă de cele de mers în gol a fost menţinut în limitele 3,5—4.

În scopul frînării proceselor de îmbătrînire a uleiului de transformator şi a izolaţiei bobinajelor, s-au micşorat supratemperaturile straturilor superioare de ulei la 60° C şi 65° C la bobinaje în loc de 70° C cît era admis la vechea serie de transformatoare.

Pentru micşorarea pierderilor totale cu 15—25% cu menţinerea greutăţilor specifice ale materialelor active la confecţionarea sistemelor magnetice s-a folosit tola laminată la rece cu grosimea de 0,35 mm. În scopul îmbunătăţirii tehnologiei s-au înlocuit multe din operaţiile de strunjire şi lăcătuşerie cu operaţii de : stanţare, presare, sudură automată şi prin contact.

Cuvele transformatoarelor noii serii cu puterile 20 şi 35 kVA au fost fabricate din tablă de 2 mm în loc de 3 mm cît se folosea la vechea serie. Cuvele transformatoarelor cu puterea de 60 kVA şi mai mari au fost realizate cu ţevi. Pentru micşorarea greutăţii cuvei şi consumului de ulei mineral, ţevile de secţiune rotundă au fost înlocuite cu ţevi de secţiune ovală. Prin această măsură, la transformatoarele de gabaritul II a fost posibilă folosirea unui singur rînd de ţevi ovale în loc de două rînduri de ţevi circulare.

Spre deosebire de vechea serie, transformatorul cu puterile 20, 35 şi 60 kVA la tensiunea de 6 kV au fost prevăzute cu conservatoare de ulei.

La transformatoarele de gabaritul II, pe capac şi în partea inferioară a cuvei au fost montate robinete cu flanşe servind la umplerea şi golirea uleiului şi de asemenea pentru legătura la instalaţiile de curăţire a uleiului.

A. B.

CZ 621.314.2 : 658.516.1 (41)

Noi standarde britanice pentru transformatoare. [Electr. Times **135** (1959) 3521, 737.]

Standardizarea britanică a republicat versiuni noi ale specificației transformatoarelor de forță, BS 171 și „Ghidul privind sarcinile transformatoarelor" CP 1010. Standardul BS 171 înglobează și standardul revizuit BS 422 : 1931 „Izolația între spirele transformatoarelor".

Standardul revizuit cuprinde în noua formă transformatoare de forță, reactoare și transformatoare de pămîntare cu izolația înfășurărilor din materiale de clasa A, B, H sau C, cu puteri monofazate de 1 kVA sau mai mult și puteri polifazate de 2 kVA sau mai mult. Se tratează transformatoare pentru toate tensiunile pînă la 380 kV. Standardul se ocupă de transformatoarele uscate și în ulei, iar limitele de temperatură a înfășurării admise pentru cele dintîi sînt acum 150°C pentru clasa C (materiale siliconice), și 180°C pentru miez. Dacă se folosește izolație clasa H, se admite o diferență de 30°C pentru temperatura înfășurării la tipurile cu umplutură de gaz inert față de cele cu aer.

În standard sînt incluse prevederi privind încercările la impuls. Sînt cerute încercările atît cu undă plină cît și cu undă tăiată, aplicate la borna de linie a înfășurării ce se încearcă; se impune încercarea unei singure borne a unui transformator polifazat. Schema prescrisă pentru încercare este o undă plină, două unde tăiate, apoi două unde pline, intervalul între ultima undă tăiată și următoarea undă plină fiind cît mai scurt posibil. Tensiunile de încercare la impuls (de asemenea tensiunile de încercare la frecvență industrială) sînt raportate în standard la cea mai înaltă tensiune de serviciu și ajung la 1 425 kV de vîrf pentru un transformator folosit într-un sistem de 380 kV cu tensiunea maximă 420 kV. Pentru rețelele de 275 kV, tensiunea de încercare este 1 050 kV de vîrf.

CP 1010 dă indicații asupra exploatării obișnuite a transformatoarelor, sub formă de tabele și exemple.

A. S.

CZ 621.314.21.004.1

Caracteristicile de exploatare ale transformatoarelor. [După A. Heitmeier: Praktische Energiekunde **7** (1959), 3, 215–224, 7 fig., 2 ref.]

Eforturile depuse pentru ameliorarea transformatoarelor au dus la randamente pînă la 99 %. S-au deschis noi căi de folosire a căldurii neproductive prin folosirea schimbătoarelor de căldură. Pentru evitarea unei funcționări prea puțin raționale, trebuie examinați cu atenție coeficienții de încărcare, căci transformatorul exploatat la maximum nu oferă serviciul optim. Cuplajul în paralel cu transformatoare de model vechi cere, în caz de înlocuire, alegerea transformatoarelor cu tensiune de scurtcircuit normalizată. Este greșit ca în caz de cădere a sarcinii să se scoată din funcțiune un transformator atunci cînd conectînd cealaltă unitate în paralel suportă el singur la limită sarcina. Rentabilitatea este optimă cînd pierderile în fier și în cupru ating maximele lor. Întreținerea transformatoarelor cere din timp în timp prelevarea mostrelor de ulei și controlarea instalațiilor de protecție și chiar a comutatorului de tensiuni, deși acesta nu este acționat aproape niciodată. Acolo unde din motive de securitate se interzice folosirea uleiului inflamabil, se întrebuințează în transformatoare hidrogen clorurat.

A. S.

621.316.719 *Aparate electrice*

CZ 621.316.7.001.2

Tendințe în proiectarea aparatajului capsulat. [După H. B. Wortman: Westinghouse Engineer **19** (1959) 5, 146–150, 5 fig.]

În cele mai noi tipuri de aparataj capsulat se observă tendința de utilizare sporită a aluminiului atît pentru piesele conductoare cît și pentru cele de rezistență. Îmbinările barelor de aluminiu pot fi argintate și vor rămîne în stare bună. Aluminiul oferă o bună rezistență la coroziune și este mai economic decît alte materiale nemagnetice. O altă tendință foarte clară este mărirea puterilor de rupere actuale ale întreruptoarelor. Recent s-a mărit puterea întreruptoarelor cu suflaj magnetic pînă la 1 000 MVA, cu curenți de durată, pînă la 3 000 A, iar timpurile de întrerupere sînt pînă la doi cicli. Se va continua îmbunătățirea izolației incintelor de metal. Un punct important în acest progres îl constituie introducerea recentă a suporților de porțelan pentru bare și a izolației de sticlă cu poliesteri. Aparatajul capsulat pentru exterior se răspîndește mult, căci el oferă toate caracteristicile aparatelor de interior cu aceleași posibilități de exploatare și de întreținere.

A. S.

621.319.4 *Condensatoare*

CZ 621.319.4 : 621.791.73

Folosirea condensatoarelor în agregatele electrice de sudură. [După P. I. Evitifeev,: Vestn. Elektroprom. **30** (1959) 5, p. 49–52, 3 tab., 2 ref.]

Se analizează diferite tipuri de condensatoare din punctul de vedere al folosirii lor în tehnica sudurii. Pentru o justă alegere a condensatoarelor se compară volumele, greutățile și costurile lor raportate la energia lor cinetică, exprimată în Ws. Se constată că, pînă la 1 000 V, cele mai mici volume și costuri specifice au condensatoarele de tipurile KE-2M, KE-2N; la fel cele de impuls cu hîrtie și ulei, de tipurile IM-0,5–250 și IM-3-100; tipurile MBGP-10–10 cu hîrtie metalizată în construcții ermetizate și în fine conductoarele cu hîrtie de tipul KBGP-10–10.

Condițiile de exploatare ale conductoarelor pentru sudură se caracterizează prin faptul că ele se descarcă fie direct asupra obiectelor de sudat, fie prin intermediul bobinajului gabaritelor de sudură. Pentru sudarea fără transformator de sudură cele mai indicate sînt condensatoarele electrolitice de tipul KEG-2 (30 V, 100 μF).

Ele au greutate mică și capacitate specifică ridicată, totuși nu sînt calculate pentru curenți mari și au tensiune scăzută de lucru. Aceste condensatoare sînt polare și nu sînt calculate pentru a funcționa în regim oscilant. În cazul folosirii la sudură a transformatoarelor, sînt indicate condensatoarele electrolitice de tip KE-2M (450 V, 40 μF).

Pentru curenți mari sînt indicate condensatoarele de impuls cu dielectricul hîrtie-ulei, de tipul IM – 0,5–250 (250 μF, 500 V). Spre deosebire de condensatoarele electrolitice, condensatoarele de impuls se calculează pentru curenți mari și-și pierd în timp mai încet capacitatea lor.

Dezavantajele acestor din urmă condensatoare constă în tensiunea lor scăzută și capacitatea specifică redusă. Pentru a lucra la tensiuni mai ridicate se folosește tipul de condensator de impuls IM-3-100 (100 μF, 3 000 V), care are la fel dezavantajul unei capacități specifice reduse.

Pentru mărirea indicilor economici ai acestor condensatoare se propune înlocuirea uleiului mineral cu dielectrici lichizi cu constantă dielectrică mărită, și anume: sonolul, nitrosonolul și uleiul de ricin.

A. B.

620.19 *Coroziune*

CZ 620.19

Rezultatele încercărilor materialelor metalice și acoperirilor în condiții de coroziune ale R. P. Chineze. [După V. V. Vsov: Vestn. Elektroprom. **30** (1959) 3, 46–48.]

Pentru încercările de laborator a fost adoptat următorul regim apropiat de condițiile naturale: temperatura maximă a aerului 45° C, temperatura minimă a camerei 10–20° C, umiditatea relativă a aerului 95–100 %.

Ciclurile de variație a temperaturii: menținerea la 45° C – 8 ore, răcirea și menținerea la temperatura camerei – 16 ore. În perioada de răcire asupra epruvetelor se depunea rouă.

Încercările naturale s-au efectuat în raioane ale Chinei cu climat umed subtropical. Epruvetele cu dimensiuni 50–100 mm au fost dispuse pe platforme, în aer liber.

Se prezintă rezultatele obținute în ambele condiții și se trag următoarele concluzii: acoperirile cu cositor și argint pe cupru, la fel și zincul și cositorul pe fier corodează.

În schimb, sînt rezistente la corodare următoarele acoperiri: nichel și nichel + crom pe cupru; cadmiu cromat, cupru + nichel + crom și zinc cromat pe oțel.

A.B.

Cronică

A III-a Consfătuire pe țară de sudură și încercări de metale

CZ 621.971 : 061.3 (498)

În zilele de 1—4 decembrie 1959, s-au desfășurat la Timișoara, în amfiteatrul Institutului de Igienă, lucrările celei de-a III-a consfătuiri pe țară, pentru sudură și încercări de metale, organizată de Baza de Cercetări științifice a Academiei R.P.R., Institutul Politehnic și Filiala Regională ASIT din Timișoara.

La consfătuire au participat în număr mare delegați din țară și din străinătate și s-au prezentat 55 de referate. Consfătuirea a prezentat un interes deosebit pentru electrotehnicieni, atît pentru că în industriile electrotehnice se folosește sudura într-o măsură destul de importantă, cît mai ales prin aceea că marea majoritate a referatelor prezintă procedee de sudură electrică sau metode legate de electrotehnică și deci pun, în mod direct sau indirect, problema utilajului electrotehnic respectiv. Șapte referate au prezentat utilaj electrotehnic sau probleme strîns legate de acesta. La locul Consfătuirii a fost organizată o expoziție de utilaje de sudură, majoritatea cu caracter electrotehnic.

În continuare vom arăta care a fost desfășurarea Conferinței și referatele prezentate, la cele mai multe cu un scurt rezumat, preferința noastră pentru unele din ele, datorîndu-se contingenței lor cu industria electrotehnică.

Consfătuirea a fost deschisă de acad. *C. Micloși*. Dintre delegații străini se remarcă prezența acad. *K. K. Hrenov* (Kiev—U.R.S.S.) și dr. *Gilde*, directorul Institutului de sudură din Halle/Saale din R.D.G.

După salutul delegațiilor străine (U.R.S.S., R. Cehoslovacă, R.D.G., și R.P. Bulgaria), se trece la prezentarea referatelor:

— Acad. *C. Micloși*: *„Tehnica sudurii ca domeniu de cercetare științifică în R.P.R. și relațiile noastre cu străinătatea"*. Din referat se desprind realizările obținute pînă în prezent și problemele de viitor. Se remarcă faptul că țara noastră are prioritate pe plan mondial asupra procedeului de sudare electrică a șinelor prin contact (mașina Taurus).

— Prof. dr. *St. Nădășan*: *Rolul laboratorului de uzină în procesul de producție"*. Referatul scoate în evidență necesitatea cercetărilor tehnico-științifice în uzină și coordonarea acestora cu activitatea institutelor de cercetări.

Comunicările secțiunii I: Materiale.

— Ing. *I. Avram* (Uzina Mao-Tze-Dun București): *„Cercetarea fluxurilor ceramice în procesul de sudare automată sub strat de flux"*. Se arată comportarea fluxurilor ceramice elaborate la Mao-Tze-Dun.

— Ing. *T. Sălăgean* și *M. Hrelescu* (CCT Timișoara): *„Alierea cu carbon a oțelului moale în arcul electric"*. Studiul făcut permite să se obțină prin alierea oțelului moale în arcul electric, orice aliaj oțel-carbon, cu conținut pînă la 3,5%.

Comunicările secțiunii a II-a: Procedee de sudare.

— Acad. *K. K. Hrenov* (Kiev—U.R.S.S.): *„Fluxuri ceramice pentru sudarea automată cu arc"*. În comunicare se face o amplă prezentare a acestor fluxuri, arătîndu-se compoziția lor, proprietățile, tehnologia, și rezultatele obținute în U.R.S.S. După cum se știe, acad. *Hrenov* este autorul acestor fluxuri. Un aspect al folosirii acestor fluxuri la noi în țară a fost arătat în referatul tov. ing. *Avram*.

— Dr. *Gilde* (Directorul Institutului de sudură Halle/Saale—R.D.G.): *„Sudarea în CO_2"*. În comunicare se arată dezvoltarea acestui procedeu de sudură și posibilitățile de sudură în toate pozițiile. Economia de timp realizată variază între 18 și 64%. În R.D.G. se folosește sudura automată și semiautomată pînă la 300 A, capul de sudură este răcit cu aer, iar pentru curent pînă la 450 A, răcirea se face cu apă. Densitățile de curent folosite sînt relativ foarte mari.

— Cand. Șt. Tehnice *A. Havalda* (Bratislava, R. Cehoslovacă): *„Utilizarea diagramelor de descompunere continuă a austenitei, în domeniul sudurii"*.

— Ing. *T. Sălăgean* (CCT Timișoara): *„Cîmpul termic la sudare"*. În lucrare sînt prezentate formulele pentru calculul cîmpului termic, la sudura cu arc electric și la sudură cu flacără oxiacetilenică.

Comunicările secțiunii a III-a: Aplicațiile sudurii în industrie.

— Prof. *C. C. Teodorescu* (Institutul de Căi Ferate București): *„Verificarea teoriei prin măsurători experimentale făcute pe o porțiune de cale ferată, sudată"*. Sudarea șinelor de cale ferată, spre a se obține calea ferată continuă, a luat o mare dezvoltare, dar există încă nepotriviri între teoria dilatării produse de variațiile de temperatură și comportarea practică a liniei. Pe baza unui număr mare de date experimentale, se trage concluzia că acțiunile numeroase cărora este supusă calea: traficul, sarcinile dinamice, elasticitatea patului variabilă cu anotimpul și altele, atenuează efectul dilatației de temperatură rezultată în mod teoretic.

— Ing. *M. Rădulescu* și Ing. *C. Antonescu* (MTTc—Departamentul C.F. București): *„Introducerea și extinderea căii ferate fără joante, pe rețeaua C.F.R. 2"*. Se arată avantajele căii ferate fără joante. Se arată rezultatele obținute și măsurile luate la noi în țară pentru extinderea căii ferate fără joante. Se arată rezultatele obținute prin diferitele metode de sudare: sudarea electrică prin contact și presiune cu mașina mobilă, și sudarea aluminotermică.

— Ing. *O. Schegerin* (CM Reșița): *„Ansamblele sudate pentru locomotiva Diesel-electrică de 2 100 CP"*. Se insistă asupra deformațiilor și tensiunilor ce apar la elaborarea acestor ansamble sudate.

— Ing. *V. Popovici* și *G. Creța*: *„Carcasă sudată pentru turbina de 4 500 kW"*. Se arată detaliile constructive ale acestei carcase, se descrie procesul tehnologic și modificările intervenite în lucrul execuției carcasei prototip.

Comunicările secțiunei a IV-a: Utilaj pentru sudare.

— *Obering. O. Raidt*, președintele secției de sudură de la Kammer der Technik (Berlin R.D.G.): *„Sudarea în industria construcțiilor"*. Se descrie utilajul folosit în R.D.G. în industria construcțiilor.

— Ing. *H. Weinschenk* (ZIS Halle/Saale—R.D.G.): *„Cunoștințe noi privind influența caracteristicilor sursei de curent asupra procesului de topire a electrodului"*.

Spre deosebire de sursele de curent folosite pînă acum la alimentarea arcului de sudare, avînd o caracteristică exterioară căzătoare, procesele moderne de înaltă productivitate (sudarea în atmosfera de CO_2 etc.) necesită o sursă de curent cu o caracteristică dură, în regiunea de lucru. Se compară surse cu diferite caracteristici exterioare.

— Ing. *V. Micloși* (CCT Timișoara): *„Cercetări și realizări în domeniul sudării electrice prin presiune, executată la CC Timișoara"*. Lucrarea cuprinde un rezumat al lucrărilor efectuate de către autor în domeniul sudării electrice prin presiune. Se arată unele contribuții la automatizarea procedeului de sudare prin topire intermediară.

— Utilaje pentru sudare executate la C. M. Reșița.

— Ing. *V. Popovici*: *„Îmbunătățirea calității utilajului pentru sudarea electrică manuală"*. În lucrare se enumeră măsurile constructive și tehnologice luate la tipurile de agregate de sudură fabricate la C. M. Reșița, în scopul îmbunătățirii calității lor. Se insistă în special asupra introducerii unor noi materiale izolante în construcția bobinajelor, reducerea pierderilor printr-un reglaj mai bun al domeniului de intensitate acoperit de generatoarele cu cîmp transversal, îmbunătățirea sistemului de ventilație și reducerea greutății transformatoarelor destinate pentru montaj.

— Ing. *V. Popovici*: *„Transformator de sudare cu premagnetizare, fără șunt magnetic variabil"*. Se prezintă principiul transformatoarelor cu premagnetizare tip prof. Sinnov, arătîndu-se rezultatele obținute cu încercarea unui transformator realizat la CMR.

— Ing. *C. Boarnă* și ing. *E. Girleșteanu*: *„Aplicarea metodei Carrer la determinarea aptitudinii pentru sudare a generatoarelor de curent continuu"*. Se arată în ce constă metoda Carrer. Se dau rezultatele încercărilor efectuate la CC Timișoara

asupra a două generatoare de sudare fabricate în țară : generatoare cu poli divizați tip GES 350 și generator cu cîmp transversal tip „electromotor", arătîndu-se că din punctul de vedere al aptitudinii de sudare aceste generatoare sînt la nivelul generatoarelor de sudură de fabricație străină.

— Ing. *V. Micloși* (CC Timișoara) : *„Sudarea cu energie înmagazinată în cîmp electrostatic a electrozilor de bujii"*. Se arată condițiile speciale în care se realizează sudurile de acest tip, și se discută influența diferiților parametri asupra procesului de sudare.

— Ing. *I. Stoleru* (Electrotehnica București) : *„Noul transformator de sudură de 500 A, fabricat la Electrotehnica București"*. Se descrie noul transformator, care este analizat pe larg într-un articol din nr. 2/1960 al revistei Electrotehnica.

Comunicările Secțiunii a IV-a : Utilaje pentru sudare.

— Prof. *Gh. Buzdugan* (Institutul Politehnic București) și prof. *P. R. Mocanu* (MTT Depart. C.F. București) : *„Tensometria electrică și aplicările ei în R.P.R.* Se prezintă avantajele tensometrei electrice față de celelalte metode tensometrice. Se arată principalele aparate. Se arată rezultatele unor lucrări de tehnometrie electrică efectuate la noi în țară.

— Ing. *M. Buga* și colaboratorii (Institutul de cercetări științifice a MTTc) : *„Încercări tensometrice la un vagon de călători în construcție sudată"*.

— Ing. *M. Bernath* și colaboratorii (CCT Timișoara) : *„Considerații practice asupra tehnicii măsurătorilor electrotensiometrice dinamice la vagoane de cale ferată"*.

— *R. Grabowski* și ing. *A. Brezina* (CM Reșița) : *„Încercarea îmbinărilor sudate ale antretoazelor la cazanele de locomotive"*.

Ing. *E. Girleșteanu* (CCT Timișoara) : *„Încercarea la oboseală în cazul șinelor sudate"*.

— Ing. *A. Bernath* și Ing. *M. Bernath* (CCT Timișoara) : *„Cercetări și realizarea în domeniul tehnicii ultrasonice"*.

Partea I. Contribuții la studiul transferului impulsurilor ultrasonice, prin pelicula de cuplare a palpatorilor.

Partea a II-a. Caracteristicile de detectare a defectelor la examinarea ultrasonică cu unde transversale.

Partea a III-a. Un generator electronic cu gamă largă de frecvențe pentru cercetări ultrasonice.

Comunicările Secțiunii a VI-a: Școlarizare și protecția muncii.

— Ing. *F. Hrelescu* (CCT Timișoara) : *„Raport general despre școlarizarea în tehnica sudurii"*. Se tratează probleme legate de școlarizarea instructorilor, tehnicienilor și inginerilor sudori.

— Prof. ing. *D. Mocanu* (secretar general al MTT) : *„Formarea sudorilor și a organelor de supraveghere a acestora pentru unitățile MTT"*. Se face o documentată analiză a celor mai potrivite forme de pregătire a tehnicienilor sudori.

— Ing. *Șt. Grosu* (Uzina Electroputere-Craiova) : *„Considerații cu privire la securitatea sudorilor electrici"*. În lucrare se prezintă unele probleme legate de siguranța împotriva electrocutării în lucrările de sudare electrică cu arc. Se fac următoarele propuneri. Să se verifice transformatoarele în special cele vechi sau reparate, dacă volanul sau mînerele de transport au legătura cu borna de pămînt a transformatorului. Să se folosească volanul de reglaj din materiale izolante (conform unei propuneri venite de la un șantier) și să se izoleze mînerele de transport.

Să se renunțe la transformatoare, la înfășurările primare cu mai multe tensiuni (spre ex. : 380 și 500 V).

Discuțiile și rezoluția. Descuțiile s-au purtat pe secțiuni, după terminarea referatelor fiecărei secțiuni. Discuțiile au fost ample și însuflețite, numeroși participanți la conferință cerînd lămuriri suplimentare, sau arătînd propria lor experiență. La discuție au participat și delegații străini.

După terminarea conferinței s-a redactat rezoluția din care reiese necesitatea intensificării conform directivelor plenarei C.C. a. P.M.R. din 13—14 iulie 1959 a muncii tehnico-științifice în legătură cu modernizarea metodelor și aparatelor de sudură, cît și necesitatea unei coordonări și colaborări mai strînse între diverși factori interesați în promovarea tehnicii noi în sudură : institute de cercetări, ministere, uzine.

Se propune crearea în cadrul Academiei R.P.R. a unei comisii de specialitate, pentru coordonarea problemelor de sudură, colaborarea cu țările lagărului socialist și participarea țării noastre la lucrările Institutului Internațional de Sudură.

Se arată de asemenea necesitatea publicării referatelor prezentate, fapt subliniat și de acad. *K. K. Hrenov* și necesitatea unei reviste de sudură.

Concluzii. Cele arătate nu pot reda decît în mod cu totul rezumativ, problemele care s-au dezbătut. Totuși, poate reieși amploarea problemei generale a introducerii tehnicii noi în sudură, domenii în care lucrează în țara noastră, mii de muncitori, ingineri și tehnicieni. Considerăm că rezultatele practice ale consfătuirii vor fi importante atît prin schimbul prețios de informații care s-a făcut. cît și prin crearea unei opinii pentru introducerea mai hotărîtă a tehnicii noi.

Ing. **Șt. Grosu** — Craiova

Sesiunea tehnico-științifică I.S.P.E.

Cu prilejul împlinirii a zece ani de activitate, Institutul de Studii și Proiectări Energetice (I.S.P.E.) a organizat în zilele de 26—28 decembrie 1959 o sesiune de comunicări tehnico-științifice, în care s-au expus realizările importante ale institutului și unele rezultate ale studiilor întreprinse pentru aducerea la îndeplinire a planului de electrificare.

La ședința de deschidere, tov. ing. *N. Armencoiu* a făcut o amplă expunere a evoluției și a realizărilor principiale ale institutului, din care a reieșit marele progres săvîrșit de la începuturile timide pînă la actuala maturitate în proiectare. În prezent, institutul poate rezolva singur orice problemă de proiectare care îi revine în cadrul planului de șase ani. Soluțiile se încadrează în tehnica cea mai înaintată, pe economicitate punîndu-se un mare accent. Cadrele institutului își iau angajamentul de a face față cu cinste sarcinilor importante care îi vor reveni în cadrul dezvoltării electrificării țării.

A urmat salutul unor instituții, organizații și întreprinderi și urările pentru noi succese în muncă. Au vorbit acad. prof. *I.S. Gheorghiu din partea* Academiei R.P.R. prof. *M. Bercovici* din partea Institutului de Energetică al Academiei R.P.R., prof. *C. Dinculescu* — rector — din partea Institutului Politehnic București și alții.

Din comunicările tehnico-științifice prezentate, am spicuit cîteva, cu caracter mai pronunțat electrotehnic, care ar putea să intereseze cititorii noștri și ale căror rezumate le reproducem mai jos.

Ing. P. Dimo : *Sisteme energetice înlocuite prin mașini echivalente, prin metoda analizei grafice.*

Se arată practica actuală în analiza sistemelor electroenergetice, în care părți din sistemul electro-energetic studiat sînt înlocuite de elemente simplificate cum sînt impedanțele, generatoarele sincrome sau motoare sincrome, cum și aplicarea în cazul „analizei grafice".

Se arată metode practice de reducere și metode originale practicate la I.S.P.E. și convenind mijloacelor de care se dispune azi în R.P.R.

Se mai fac considerații asupra utilizării și combinării diverselor mijloace moderne de calcul al rețelelor și felul cum intervin „elementele" echivalente și cum ele pot fi deduse în cazul utilizării de asemenea mijloace (calculatoare numerice, analizoare, mese de calcul de curent continuu etc.).

Ing. N. Armencoiu, ing. I. Badea și M. Marinescu : *Alegerea unităților din centrale termoelectrice.*

Folosind metoda tehnico-economică utilizată în cadrul Institutului de Studii și Proiectări Energetice de alegere

a mărimii grupurilor, se tratează un caz concret pentru o centrală termoelectrică cu condensaţie de 600 MW, pentru care se impune o dinamică de construcţie în două tranşe de cîte 300 MW.

În acest scop se examinează comparativ aspectul investiţiilor şi al cheltuielilor anuale exprimate în preţuri internaţionale, mai multe soluţii de echipare a centralei şi se găseşte că soluţia optimă o constituie instalarea a două grupuri de cîte 300 MW.

Ing. I. Cocora: *Probleme în legătură cu montarea compensatoarelor sincrone.*

Pentru o exploatare economică a reţelelor de transport şi distribuţie, se impune pe o scară din ce în ce mai mare folosirea compensatoarelor sincrone, care poate debita sau consuma energia reactivă — după cum merg în regim supra sau subexcitat.

În anumite cazuri pot fi folosite compensatoarele în regim de generatoare pentru a încerca cu tensiune progresivă anumite linii aeriene sau subterane, cum şi instalaţii noi.

Montarea compensatoarelor sincrone a pus probleme diferite, după locul de montare şi după echipamentul avut la dispoziţie.

Se tratează următoarele probleme care se pot grupa în două categorii:

— amenajări constructive (fundaţii, canale, instalaţii de răcire etc.);

— echipamentul compensatorului sincron.

Ing. D. Martac: *Stabilirea densităţii economice pentru liniile electrice aeriene.*

În lucrarea prezentată se stabileşte o formulă pentru determinarea densităţii economice de curent a liniilor electrice aeriene, ţinînd seama de metoda folosită în calculele economice întocmite în prezent în cadrul I.S.P.E.

Cu această formulă s-au determinat o serie de curbe exprimînd densitatea economică de curent ca funcţie de numărul anual de ore de utilizare a puterii maxime. Aceste valori sînt menite să înlocuiască în calculele tehnico-economice vechile valori indicate de prescripţii.

Ing. L. Groza şi ing. Gh. Moraite: *Analiza regimurilor electrice ale sistemelor energetice.*

Pe baza analizei unui număr însemnat de calcule se caracterizează ansamblul reţelei naţionale interconectate sub următoarele aspecte: regimurile dinamice, regimurile staţionare şi variaţiile produse de reglaj.

Din studiul regimurilor dinamice a rezultat că cele mai periculoase cazuri de scurtcircuite sînt cele din apropierea staţiilor ridicătoare la centralele mari.

Se constată că scurtcircuitele monofazate nu periclitează în general mersul stabil al reţelei; cele bifazate cu pămînt necesită timpi de deconectare mici, însă uşor realizabili; cele trifazate necesită în multe cazuri timpi de deconectare apropiaţi de limita realizabilă de aparatajul existent în reţea.

Din studiul regimurilor staţionare a rezultat că, în anumite condiţii de înrăutăţire a regimului de vîrf, avem în general o situaţie favorabilă, atît în privinţa tensiunilor critice, cît şi a puterilor maxime care se pot transmite static stabil pe arterele principale. De asemenea se constată că pe măsura dezvoltării sistemului energetic, analizată pentru un interval de trei ani, situaţia se ameliorează.

Ing. S. Popescu: *Consideraţii asupra eficacităţii anclanşării automate a rezervei şi a comportării aparatajului de protecţie în cazul funcţionării automatizării respective.*

Lucrarea tratează comportarea unei instalaţii energetice la care s-a aplicat anclanşarea automată a rezervei (AAR) în regimul tranzitoriu de dispariţie şi reapariţie a tensiunii pe barele de ameliorare ale unui consumator şi din analiza acesteia, concluzii asupra eficacităţii introducerii AAR-ului, cum şi măsurile tehnico-economice care trebuie luate pentru asigurarea îmbunătăţirii funcţionării acestei automatizări.

În prima parte se indică modul de calcul al parametrilor care variază la întreruperea şi restabilirea alimentării printr-un exemplu general, cum şi modul de trasare grafică a variaţiei acestor parametri în timp.

În partea a doua a lucrării se indică modul de verificare în această situaţie a releelor de curent şi tensiune cu caracteristică independentă de timp; de asemenea şi o metodă grafică originală pentru verificarea funcţionării intempensive a protecţiilor de curent cu caracteristică dependentă de timp la curenţii de autopornire a motoarelor.

Ing. D. Mark: *Contribuţia I.S.P.E. la protecţia împotriva supratensiunilor atmosferice.*

Protecţia împotriva supratensiunilor atmosferice a obiectivelor energetice cuprinde un complex de măsuri care se iau atît pe liniile de transport, cît şi în staţii.

Începînd din anul 1953, I.S.P.E. a colaborat cu M.E.E.I.E. la elaborarea prescripţiilor de protecţie împotriva supratensiunilor, prescripţii apărute în anul 1954.

După această fază, în cadrul institutului s-au elaborat studii originale care, odată cu îmbunătăţiri în această problemă, au adus economii însemnate.

În 1957 I.S.P.E. a contribuit la elaborarea noilor prescripţii şi instrucţiuni de protecţie împotriva supratensiunilor, în care s-au introdus toate îmbunătăţirile obţinute pe parcurs de către I.S.P.E.

Justeţea liniei folosite în I.S.P.E. în problema protecţiei împotriva supratensiunilor atmosferice a fost confirmată de experienţa de exploatare a instalaţiilor.

Prof. dr. ing. **D. Avramescu**

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. dr. ing. Pl. Andronescu, prof. dr. ing. I. S. Antoniu, prof. dr. ing. A. Avramescu, membru corespondent al Academiei R.P.R. (redactor responsabil), ing. V. Bunea, laureat al Premiului de Stat, prof. dr. ing. V. Corlăteanu, ing. St. Grosu, conf. ing. Gh. Hortopan, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. G. Lazaride, prof. dr. ing. R. Rădulet, membru corespondent al Academiei R.P.R. laureat al Premiului de Stat.

Revista „ELECTROTEHNICA", organ al Asociaţiei Ştiinţifice a Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. şi al Ministerului Industriei Grele. Editor: Asociaţia Ştiinţifică a Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. Redacţia: Bucureşti, Str. Ion Ghica Nr. 3. Telefon 16.78.78. Administraţia şi Casieria: Bucureşti, Calea Victoriei Nr. 118 Telefon 14 06 24. Redacţia îşi rezervă toate drepturile privind lucrările precum şi materialul grafic-ilustrativ apărut în revistă cît şi privitoare la traducerea în limbi străine. Se admit extrase, referate sau comentarii numai cu indicarea completă a sursei. Revista apare lunar. Abonamentul anual: pentru întreprinderi lei 100, individuale lei 30. Preţul unui exemplar: lei 5. Abonamentele se primesc la administraţia revistei, la sediile filialelor ASIT, precum şi la responsabilii cu presa din cercurile ASIT. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinetele tehnice în contul nostru de virament: Publicaţiile Tehnice ASIT-070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin Bucureşti. Tiparul: Întreprinderea Poligrafică Nr. 2. — c, 269

SOMMAIRE

CD 62:061.25.053

La séance plénaire du Conseil Central de l'ASIT. Quelques conclusions sur l'activité de l'ASIT
Electrotehnica 8 (1960) 3, 73—74

CD 621.311.1 :539.172 :620.92

G. Ionescu : **Sur la possibilité de l'utilisation des réactions thermonucléaires dirigées pour obtenir de l'énergie électrique**
Electrotehnica 8 (1960) 3. 75—89

Dans cet article on présente le calcul de l'énergie qui peut être produite par les réactions thermonucléaires, les réacteurs de fusion et les installations utilisées pour la production et l'étude de réactions thermonucléaires en plasme. Le matériel présenté s'appuie sur les plus récentes informations publiées dans la littérature de spécialité et surtout sur les résultats communiqués à la Conférence de Genève en Septembre 1958. Le texte est complété avec de nombreuses figures et une ample bibliographie.

CD. 621.3.017.71 :621.3.014.36.04

D. Marlac : **Une nouvelle méthode pour le calcul de la stabilité thermique aux court-circuits des conducteurs électriques**
Electrotehnica 8 (1960) 3 89—94

Les éléments originaux de la nouvelle méthode présentée dans l'article sont :

— L'introduction dans le calcul de la „sollicitation thermique spécifique" d'encore un paramètre qui tienne compte de l'évolution réelle, en fonction du temps, du courant de court-circuit.

— L'introduction dans le calcul de la „rigidité thermique spécifique" de la variation réelle de la chaleur spécifique et de la résistivité, en fonction de la température, autant que la prise en considération du coefficient de l'effet pelliculaire.

CD. 621.316.93

S. Donici et *M. Mihăescu* : **Résistances non-linéaires des shunts employées dans les déchargeurs indigènes**
Electrotehnica 8 (1960) 3 94—98

Dans cet article on traite le problème des résistances des shunts non-linéaires utilisées dans les déchargeurs modernes à résistance variable.

Après avoir montré leur rôle et leur importance dans la construction des déchargeurs, on décrit le mode dans lequel on a résolu ce problème dans notre pays, dans le cadre de l'Institut des Recherches Électrotechniques. On donne des chiffres comparatives sur les performances obtenues après l'utilisation de deux technologies différentes, en mettant en évidence la supériorité de la technologie dans laquelle on a utilisé la résine epoxi comme liant.

NOTES,

CD 621.314.213.045.53.006.41

D. Cîrstea: **Considérations sur l'essai des transformateurs de puissens á trois enroulements**
Electrotehnica 8 (1960) 3, 99—102

COMPTES-RENDUS, 102
DOCUMENTATION, 103—105
CHRONIQUE, 106—108

ELECTROTEHNICA GENERALA

CZ. 621.3.042 :621.313.333

Oberrtl, K. :
Calcularea exactă a curentului de magnetizare din mașinile asincrone trifazate. Bull. Oerlikon (1959) 335, 66—84

MAȘINI ELECTRICE

CZ. 621.313.13 :621.316.71

Miesner, E. W. :
Variația și reglajul turației electromotoarelor. Masch.-Welt Elektrotechn. 14 (1959) 17/18, 431—437

CZ. 621.313.17.001.24 :621.398.2

Owczarek, J. :
Proiectarea selsinurilor emițătoare-receptoare. Przegl. Elektrotechn. 35 (1959) 9, 354—356

CZ. 621.313.1—755.043.3

Urusov, I. D., Podrez, V. M. :
Modelarea fizică a rigidității mecanice a corpului statorului mașinilor electrice. Elektricestvo 80 (1959) 10, 43—47

CZ. 621.313.333.012

Stolov, L. I. :
Caracteristica mecanică a unui motor trifazat de inducție cu circuit asimetric al statorului. Elektricestvo 80 (1959) 10, 47—50

CZ. 621.313.3.045 :621.317.311

Kerényi, D. :
Măsurarea rezistenței bobinelor în exploatarea mașinilor de curent alternativ. Villamosság 7 (1959) 5, 133—141.

CZ. 621.313.32 :621.016.35

Canay, M. :
Posibilitatea măririi limitei de stabilitatea statică la mașinile sincrone. Bull. Ass. suisse électr. 50 (1959) 21, 1 016—1 019

CZ. 621.313.333.025.1.045.52

Ha, C. S., Daniels, A. R. :
Pornirea motoarelor de inducție monofazate avînd înfășurări statorice asimetrice în evadratură. Proc. Inst. electr. Engrs. Part. A 106 (1959) 28, 326—335

CZ. 621.313.333.1.047.3

Schuisky W. :
Forma optimă a inelelor de scurtcircuit în mașinile de inducție Elektrotechn. u. Masch.-Bau 76 (1959) 19, 455—456

CZ. 621.313.333.1.025.3.001.57 :681.142—523.8

Hannakam, L. :
Reproducerea rotorului trifazat cu inele în mașina analogă de calcul. Elektronik 8 (1959) 10, 315—319 .

CZ. 621.313.333.042.12 :621.3.015.1

Tensiunea magnetică a jugului rotoric la mașinile asincrone Elektrotechn. u. Masch.-Bau 76 (1959) 19, 449—454

TRANSFORMAREA ENERGIEI ELECTRICE

CZ. 621.314.2(083.7)

Bollmann, W. :
Evoluția transformatoarelor de rețea pînă la 1 600 kVA Elektrizitätswirtschaft 58 (1959) 18, 660—664

CZ. 621.314.214.016.32

Christl, H. :
Funcționarea în paralel a transformatoarelor de reglaj. Oester. Z. Elektrizitätswirtschaft 12 (1959) 10, 528—539

CZ. 621.314.224.3.088.6

Nolke, O. E. :
Reductoare de intensitate de precizie. Arch. techn. Messen (1959) 284, 189—192

CZ. 621.314.228.001.4 :621.317.35.015

Mathles, W. Zahorka, R. :
Deformarea curbei de tensiune a transformatoarelor de încercare din cauza armonicelor curentului de magnetizare. Elektrotechn. Z. (ETZ.-A) 80 (1959) 19, 649—653.

CZ. 621.314.2.042.12

Schramm, H. :
Considerații asupra formei economice a miezurilor pentru transformatoare. Elektrische Maschine (EMA) (1959) 10, 294—304.

CONVERTIZOARE

CZ. 621.314.53.061 :621.3.072.2

Benedikt, O. :
Cîteva scheme principale ale autodinei. Elektrotechn. u Masch.-Bau 76 (1959) 20, 473—480

REDRESOARE

CZ. 621.314.63.016.22

Bagaev, V. S., Wool, B. M. Jerebţova, A. A., Indiţki, S. B. :
Studiul redresoarelor de mare putere cu germaniu. Electricestvo 80 (1959) 10, 21—26

CZ. 621.314.63.016.32

Blanks, H. I. :
Funcţionarea redresoarelor cu germaniu în serie şi în paralel Proc. I. R. E. Australia 20 (1959) 7, 406—412

CONDUCTOARE ELECTRICE

CZ. 621.315.33—758 :620.192

Feld J. :
Contor multiplu de defecte pentru încercarea sîrmei de cupru emailate. Draht-Welt 45 (1959) 9, 599—601

CZ. 621.315.59 :546.26+28

Henisch, K. H. :
Carbură de siliciu semiconductoare . Nature 184 (1959) 4681, 158—159

MATERIALE IZOLANTE

CZ. 621.315.615.2 :621.314.2.045.5

Drewnik, K., Lechowski, Z., Rzeczynska, B. :
Criteriile pentru evaluarea influenţei uleiului asupra izolaţiei transformatoarelor. Energetyka (RPP) 13 (1959) 8, 225—227

DISTRIBUTIA ENERGIEI ELECTRICE

CZ. 621.316.1.018

Carrr, P. :
Circuite pentru determinarea succesiunii fazelor curenţilor trifazaţi. Rev. Gen. Electr. 68 (1959) 9, 527—530

PROTECTIE

CZ. 621.316.933.9

Gary, C., Monnet, M. :
Contoarele de supratensiuni. Bull. Soc. franc. Electr. 9 (1959) 104, 430—448

TEHNICA MĂSURĂRILOR ELECTRICE

CZ. 621.317.2.027.8

Zielinski, J. :
Determinarea dimensiunilor laboratoarelor de înaltă tensiune Przegl. Elektrotechn. 35 (1959) 9, 357—361.

CZ. 621.317.421

Podemski, A. :
Cîteva probleme la construcţia instrumentelor de măsură de inducţie cu ac indicator. Pomiary Automatyka Kontrola 5 (1959) 9, 348—351

APARATE DE MĂSURĂ

CZ. 621.317.7 :621.316.342.1

Metal, A. :
Amortizarea instrumentelor electrice pentru panourile sistemelor energetice. Pomiyar Automatyka Kontrola 5 (1959) 9, 357—359

CZ. 621.316.5 :621.318.3 :621.317.33

Marenesi, R., Ruffino, G. :
Transductor şi comutator magnetic pentru înregistrări oscilografice. Elettrotecnica 46 (1959) 8, 466—474.

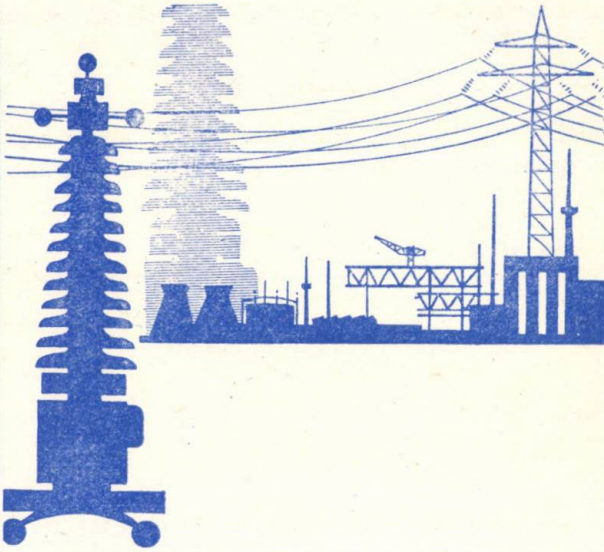
CZ. 621.317.727.2.025

Fulinski, W. :
Compensatoare de curent alternativ şi fabricarea lor în Polonia Pomiary Automatyka Kontrola 5 (1959) 9, 341—347

CONDENSATOARE

CZ. 621.319.4 :92

Soulages, G. :
Evoluţia tehnicii condensatoarelor. Bull. Soc. franç. Electr. 9 (1959) 104, 449—460



Tîrgul industrial de

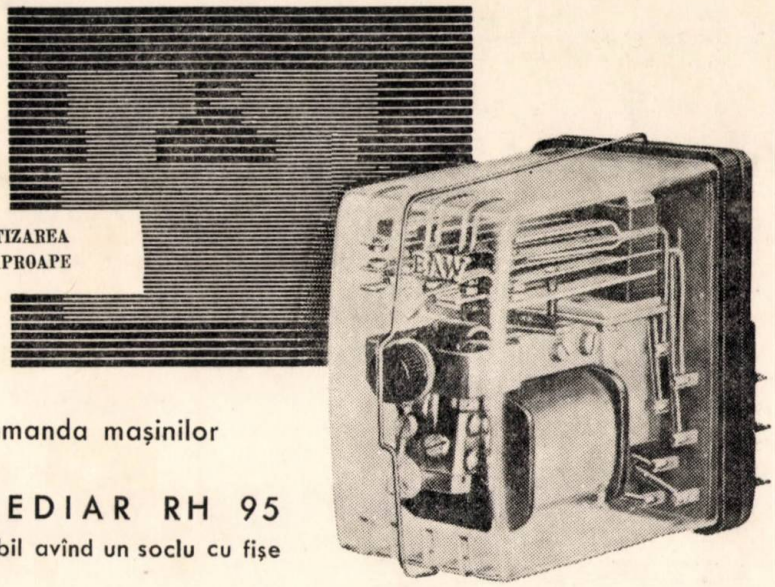
mostre german

HANOVRA

TOATE DOMENIILE DE
PRODUCERE ŞI DE
TRANSFORMARE A
ELECTRICITĂŢII,
DE DISTRIBUŢIE DE CURENT
ŞI DE APLICARE A
ENERGIEI ELECTRICE
INCLUSIV ELECTRONICA

24 APRILIE — 3 MAI
1960

PENTRU ELECTRIFICAREA, AUTOMATIZAREA ŞI MECANIZAREA INDUSTRIEI ÎN APROAPE TOATE ŢĂRILE, NOI FURNIZĂM



RH 95

Dispozitive noi pentru comanda maşinilor de lucru

RELEUL INTERMEDIAR RH 95

un releu modern, uşor înlocuibil avînd un soclu cu fişe

- prevăzut pentru comanda complet automată şi pentru montajul în aparate
- durata de serviciu: 10 milioane de întreruperi
- funcţionare liniştită a contactelor la curent continuu şi alternativ
- înzestrat cu trei sau patru schimbătoare.

Prospecte detailate vă trimitem la cerere

VEB Elektro — Apparate — Werke

Berlin — Treptow, Hoffmannstrasse 15 — 26

Reprezentanţa pentru Republica Populară Romînă:

Ambasada Republicii Democrate Germane, Secţia Comercială, Bucureşti
Calea Dorobanţilor 14

ADRESA TELEGRAFICA: DIPLOGERMAN, BUCUREŞTI

ABONAŢI-VĂ

la revista

ELECTROTEHNICA

Abonamentele se primesc la sediile filialelor ASIT din întreaga ţară, precum şi prin responsabilii cu presa din cercurile ASIT. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinete tehnice în contul nostru de virament: Publicaţiile Tehnice ASIT 070.124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin, Bucureşti — Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual — Tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri: lei 30 anual.

ELGERO

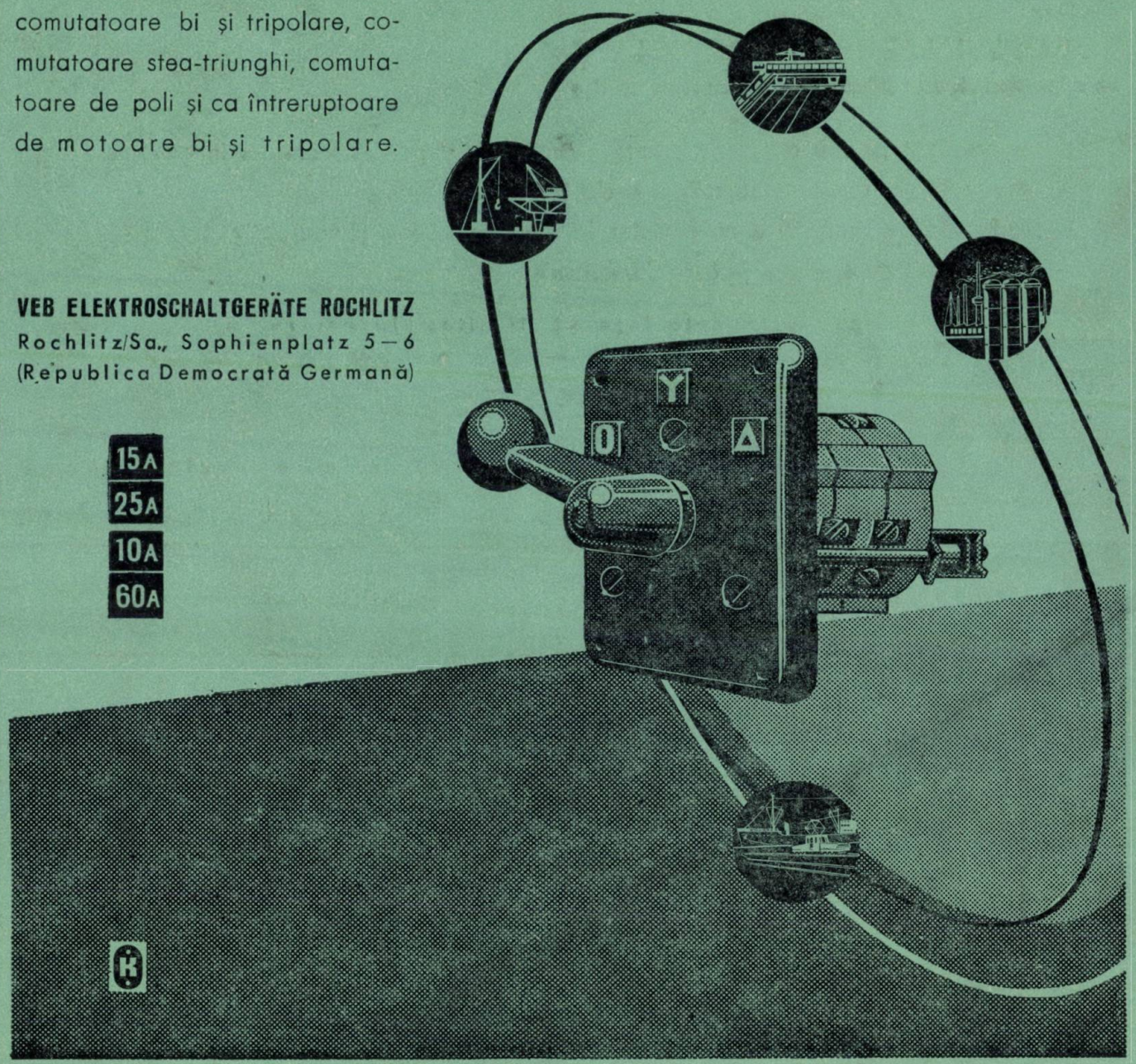
INTRERUPTOARE PACHET

- PENTRU TOATE RAMURILE INDUSTRIALE
- ÎNALT RANDAMENT ELECTRIC
- DURATĂ LUNGĂ DE EXPLOATARE
- GREUTATE REDUSĂ
- UTILIZARE REDUSĂ DE MATERIALE
- DIMENSIUNI FAVORABILE

Aceste întreruptoare pachet se pot utiliza ca deconectoare și comutatoare bi și tripolare, comutatoare stea-triunghi, comutatoare de poli și ca întreruptoare de motoare bi și tripolare.

VEB ELEKTROSCHALTGERÄTE ROCHLITZ
Rochlitz/Sa., Sophienplatz 5—6
(Republica Democrată Germană)

15A
25A
10A
60A



Lei 5

E 2040

R

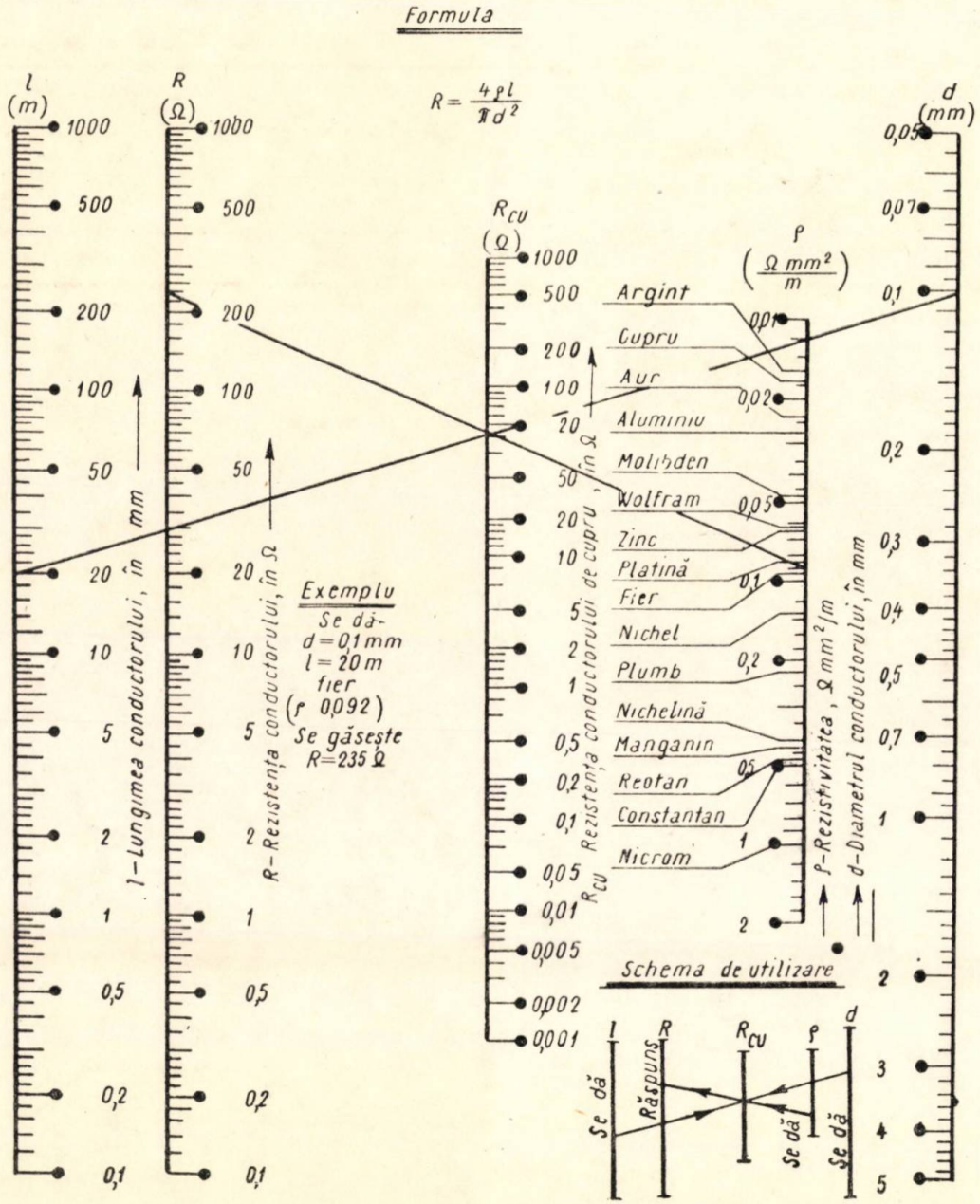
ELECTROTEHNICA

REFERATIVA

4

Electrotehnica — București ★ Anul 8 ★ nr. 4 ★ p. 109 — 148 ★ aprilie 1960

Nomogramă pentru calculul rezistenței conductoarelor



Această nomogramă s-a întocmit în baza cunoscutei formule pentru calculul rezistenței conductoarelor:

$$R = \frac{4\rho l}{\pi d^2}.$$

Pentru determinarea rezistenței conductorului de cupru, pe scările corespunzătoare se iau: d – diametrul conductorului neizolat, în milimetri și l – lungimea acestuia, în metri. După unirea punctelor considerate, printr-o dreaptă, se determină rezistența, în ohmi, a conductorului de cupru, pe scara R_{cu}. Dacă se cere să se determine rezistența unui conductor confecționat din alt material, pe scara ρ se ia rezistivitatea cunoscută a acestui conductor: apoi, prin punctul determinat și prin punctul dat pe scara R_{cu} se duce o dreaptă pînă la intersectarea scării R, pe care se citește rezistența căutată a acelui conductor.

Exemplu. Să se determine rezistența conductorului de fier cu diametrul d = 0,1 mm și cu lungimea l = 20 m. Luînd pe scări valorile date și considerînd rezistivitatea fierului ρ = 0,092 Ω mm²/m, citim – pe scara R – rezistența de 235 Ω.

(După V. M. Radionov: **Nomograme de radiotehnică**, Ed. Tehnică, 1957).

ELECTROTEHNICA

Anul 8 nr. 4 aprilie 1960

CUPRINS

CZ 621.3 : 518.004.14

Avramescu A. : **Oportunitatea recurgerii la mașini de calcul în probleme de electrotehnică**

Electrotehnica 8 (1960) 4, 109—116

După precizarea rolului și importanței mașinilor de calcul în rezolvarea unor probleme de electrotehnică, se reamintesc performanțele acestor mașini și se face o comparație a mașinilor digitale și analogice. Se trec apoi în revistă domenii din electrotehnica curenților tari la a căror rezolvare este indicat a se recurge la mașini de calcul sau la modele electrice. Se dau unele relații principiale pentru caracterizarea problemelor apte spre a fi calculate cu mașini sau modele. Se face un apel la electricieni pentru a utiliza aceste mijloace moderne de calcul în toate cazurile în care acest lucru este rațional și economic.

CZ 621.311/316.001.57 : 518.5

Hortopan Gh. : **Aplicații ale mașinilor de calcul în tehnica curenților tari**

Electrotehnica 8 (1960) 4, 116—124

Auxiliarele de calcul folosite în tehnica curenților tari se prezintă sub formă de modele analoge, analizatoare de fenomene tranzitorii, mașini de calculat analogice și digitale. În lucrare se prezintă cîteva aplicații ale mașinilor de calcul executate sau studiate în cadrul secției de curenți tari din ICET, și anume : baia electrolitică, modelul de rețea, analizorul de fenomene tranzitorii, mașina analogică, mașina digitală. Pentru fiecare din aceste auxiliare de calcul se indică modul de formulare a problemei pentru diferite domenii.

CZ 621.313.333.2.001.13

Răduț C. : **Asupra proiectării optime a motoarelor asincrone cu rotorul în dublă colivie**

Electrotehnica 8 (1960) 4, 124—130

După ce se amintesc pe scurt principiile care stau la baza proiectării motoarelor cu dublă colivie, se arată cum trebuie să se procedeze pentru ca, dintr-un stator dat, să se obțină parametrii cei mai favorabili, dimensionînd în consecință rotorul. Se prezintă calculul unei mașini de acest tip, realizată la uzinele Klement Gottwald din București.

CZ 621.372.6

Preda M. : **O metodă de calcul a schemelor electrice echivalente**

Electrotehnica 8 (1960) 4, 131—134

Se dă o rezolvare unitară a problemei transfigurărilor electrice prin rezolvarea problemei generale a transfigurării unui multipol activ într-un circuit echivalent în poligon complet. Se stabilește o metodă de calcul a schemelor echivalente și se exemplifică aplicarea ei în cazurile importante în practica de transfigurări stea-poligon, poligon cu cuplaje magnetice-poligon fără cuplaje, stea multinodală-poligon.

NOTE

CZ 621.314.224.3.001.24

Semlyén A. : **Calculul transformatoarelor de curent cu șunt magnetic**

Electrotehnica 8 (1960) 4, 134—136

Se prezintă calculul de proiectare a transformatoarelor de curent cu șunt magnetic. În cazul șuntului saturat se evită inducerea unei tensiuni suplimentare în circuitul secundar și astfel rezultă o repartizare uniformă a înfășurării secundare pe cele două jumătăți ale miezului. În cazul șuntului nesaturat, dimpotrivă, se obține printr-o altă repartizare a înfășurării secundare o tensiune indusă, căreia îi corespunde o impedanță secundară negativă, menită să compenseze impedanța sarcinii. Calculul este ilustrat cu un exemplu numeric.

CRONICĂ — RECENZII — DOCUMENTARE

CONTENTS

DC 621.3 : 518.5.004.14

Avramescu A. : **The opportunity to have recourse to calculating machines in electrical engineering problems**

Electrotehnica 8 (1950) 4, 109—116

After having precisely defined the role and the importance of computing machines in solving certain problems of electrical engineering, the performances of these machines were stated and a comparison of the digital and analogue computers is made, Thereupon, several fields of the electrical engineering of strong curents are reviewed, for the solution of which it is advisable to have recourse to computing machines or to electrical models. Several indications of principle are given for characterizing the problems suited to be calculated by means of machines or models. An appeal to electricians is made for using these up-today means of calculating in all the cases when this is rational and of economic efficiency.

DC 621.311/316.001.57 : 518.5

Horlopan G. : **Applications of computing machines in the strong currents technics**

Electrotehnica 8 (1960) 4, 116—124

The calculating auxiliary means, used in the strong currents technics, appear in the shape of analogue models, analyzers of transient phenomena, analogue and digital-computing machines. The paper presents a few applications of the computing machines carried out and studied by the strong currents department of the Electrical Engineering Research Institute — I.C.E.T. viz : the electrolytical bath, the network model, the analyzer of transient phenomena, the analogue machine, the digital machine. For each of these calculating auxiliary means, the way of formularizing the problem for several fields is being indicated.

DC 621.313.333.2.001.13

Răduţ C. : **On the optimum design of asynchronous motors with double squirrel-cage rotor**

Electrotehnica 8 (1960) 4, 124—130

After having briefly surveyed the principles on which the designing of motors with double squirrel-cage are based, it is shown, how must be proceeded, in order to obtain from a given stator the most advantageous parameters and for dimensioning the rotor accordingly. The computation of such a machine constructed by the works „Klement Gottwald" in Bucharest is presented.

DC 621.372.6

Preda M. : **A method of calculating the equivalent electrical schemes**

Electrotehnica 8 (1960) 4, 131—134

The problem of the electrical transfigurations receives an unitary solution by solving the general problem of the transfiguration of an active multipole in an equivalent circuit in a complete polygone. A method of computing epuivalent schemes is established and for its application examples are given in the important instances, in the practice of transfigurations : star-mesh connection, mesh with magnetic couplings — mesh without couplings, multinodal star-mesh connection.

NOTES

DC 621.314.224.3.001.24

Semlyen A. : **The caleulus of current transformers with magnetic shunt**

Electrotehnica 8 (1960) 4, 134—136

The calculation of projecting current transformers with magnetic shunt is developed. In the instance of the saturated shunt, the induction of a supplementary tension into the secondary circuit is avoided and thus a uniform distribution of the secondary winding on the two halves of the core is resulting. In the case of a nonsaturated shunt, on the contrary, one obtains, by means of an other distribution of the seeondary winding, an induced tension, to which a negative secondary impedance corresponds and which is designed to compensate the impedance of the charge. The calculus is illustrated by a numerical example.

CHRONICLE — BOOK REVIEWS — DOCUMENTATION

СОДЕРЖАНИЕ

ДК **621.3. : 518.5.004.14**

Avramescu A. : **Целесообразность использования счетно-решающих машин для решения задач в области электротехники**

Electrotehnica **8** (1960) 4,

Вслед за уточнением роли и значения счетно-решающих машин при разрешении некоторых проблем электротехники, указываются полученные результаты и проводится сравнение между ручными и аналогическими машинами. Затем делается обзор вопросов, возникающих в электротехнике сильных токов, для решения которых рекомендуется применение счетно-решающих машин или электрических моделей. Даются основные уравнения, характеризующие задачи решаемые с помощью машин или моделей. Применение этих новейших расчетных средств рекомендуется во всех случаях, где это является экономичным и целесообразным.

ДК **621.311/316.001.57.518.5**

Hortopan G. : **Применение счетно-решающих машин в технике сильных токов**

Electrotehnica **8** (1960) 4,

Вспомогательные расчетные средства, используемые в технике сильных токов, представлены аналогичными моделями, анализаторами переходных явлений, аналогичными и ручными счетными машинами. Показаны области применения счетно-решающих машин, сконструированных или изученных отделом сильных токов института ИЧЕТ, в том числе: электролитная ванна, модель сети, анализатор переходных явлений, аналогичесакя машина, ручная машина. Для каждого из расчетных средств указывается формулировка задач в различных областях техники.

ДК **621.313.333.2. 001.13**

Răduţ C. : **О проектировании асинхронных двигателей с ротором с двойной клеткой**

Electrotehnica **8** (1960) 4,

После краткого перечисления закономерностей, положенных в основу проектирования двигателей с двойной клеткой, указывается метод получения наивыгоднейших параметров статора, служащих для расчета ротора. Показан расчет машины данного типа, скон-струированной бухарестским заводом им. Клемента Готвальда.

ДК **621.372.6**

Preda M. : **Метод расчета эквивалентных электрических схем**

Electrotehnica **8** (1960), 4,

Дается однозначное решение вопроса электрических преобразований путем решения общей проблемы преобразования активного мультиполя в эквивалентную цепь в виде замкнутого многоугольника. Предлагается метод расчета эквивалентных схем и даются примеры их применения в важных случаях преобразований типа звезда-многоугольник, многоугольник с магнитнщми связями — многоугольник без связей, многоузловая звезда — многоугольник.

ЗАМЕТКИ

ДК **621.314.224.3.001.24**

Semlyen A. : **Расчет трансформаторов тока с магнитным шунтом**

Electrotehnica **8** (1960) 4,

Показан расчет проктирования трансформаторов тока с магнитным шунтом. В случае насыщенного шунта избегается наведение дополнительного напряжения во вторичную цепь, в результате чего достигается равномерное распределение вторичной обмотки на обеих половинах сердечника. Наоборот, в случае ненасыщенного шунта, в результате иного распределения вторичной обмотки получается наведенное напряжение, соответствующее отрицательному вторичному полному сопротивлению, компенсирующему полное сопротивление нагрузки. Расчет иллюстрируется конкретным примером.

ХРОНИКА — РЕЦЕНЗИИ — ДОКУМЕНТАЦИЯ

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.3 : 518.5.004.14

Avramescu A. : **Die Zweckmässigkeit des Einsatzes von Rechenmaschinen in elektrotechnischen Aufgaben**

Electrotehnica 8 (1960) 4, 109–116

Nachdem die Rolle und die Bedeutung von Rechenmaschinen zur Lösung von elektrotechnischen Problemen klargelegt wird, werden die Leistungen dieser Maschinen festgelegt und Digital-bzw .Analogrechenmaschinen miteinander verglichen. Es folgt eine Aufzählung derjenigen Gebiete der Starkstromtechnik, für deren Bearbeitung es ratsam erscheint Digital-Rechenmaschinen oder Netzmodelle zu Hilfe zu ziehen. Es wurden grundlegende Beziehungen zur Kennzeichnung derjenigen Probleme angegeben, welche sich zur Lösung mittels Rechenmaschinen oder Modellen eignen. Es wird den Elektrotechnikern empfohlen, von den modernen Rechenmitteln in allen denjenigen Fällen Gebrauch zu machen, in denen dies vernunftsgemäss und wirtschaftlich tragbar erscheint.

DK 621.311/316.001.57 : 518.5

Hortopan G. : **Anwendung der Starkstromtechnik**

Electrotehnica 8 (1960) 4, 116–124

Die Rechenbehelfsmittel der Starkstromtechnik erscheinen in Form von Analogmodellen, Analysatoren von Ausgleichsvorgängen, Analog- und Digitalrechenmaschinen. Der Aufsatz bringt einige Anwendungen der im Rahmen der Starkstromabteilung des Instituts für elektrotechnische Forschungen ausgeführten oder ausgearbeiteten Rechenmaschinen und zwar : der elektrolytische Trog, das Netzmodell, der Analysator von Ausgleichsvorgängen, die Analogmaschine und die Ziffern-Rechenmaschine. Für jedes dieser Rechenbehelfsmittel werden die verschiedenen Probleme und deren Vorbereitung angegeben.

DK 621.313.333.2.001.13

Răduț C. : **Über den Bestentwurf asynchroner Motoren mit Doppelkäfiganker**

Electrotehnica 8 (1960) 4, 124–130

Nach einer kurzen Übersicht der Grundlagen des Entwurfs von Motoren mit Doppelkäfiganker wird ein Verfahren angegeben, mit dessen Hilfe, zu einem gegebenen Ständer, durch entsprechende Bemessung des Läufers die günstigsten Parameter erzielt werden können. Als Beispiel wird eine Maschine durchgerechnet, die von den Werken, „Klement Gottwald" zu Bukarest ausgeführt worden ist.

DK 621.372.6

Preda M. : **Eine Berechnungsmethode der elektrischen Ersatzschaltungen**

Electrotehnica 8 (1960) 4, 131—134

Es wird eine einheitliche Lösungsmethode des Problems der elektrischen Netzumformungen angegeben, die das allgemeine Problem der Umformung eines aktiven Vielpoles in einem Ersatzstromkreis im vollständigen Vieleck zu lösen erlaubt. Es wird eine Berechnunsmethode der Ersatzschaltungen festgelegt und Beispiele zu ihrer Anwendung in wichtigen Fällen der Praxis angegeben z.B. Umformung von Stern-Vieleck, Vieleck mit —und ohne magnetische Kopplungen, Mehrknotenstern in Vieleck.

NOTEN

DK 621.314.224.3.001.24

Semlyen A. : **Die Berechnung von Stromwandlern mit magnetischem Nebenschluss**

Electrotehnica 8 (1960() 4, 134–136

Es wird eine Berechnungsmethode zum Entwurf von Stromwandlern mit magnetischem Nebenschluss dargelegt. Bei gesättigtem Nebenschluss wird die Induzierung einer Zusatzspannung in den Sekundärkreis vermieden und dadurch eine gleichmässige Verteilung der Sekundärwicklung auf die beiden Kernhälften erreicht. Falls der Nebenschluss nicht gesättigt ist, wird im Gegensatz dazu, durch eine geänderte Verteilung der Sekundärwicklung, eine induzierte Spannung erzielt, der eine negative Sekundärimpedanz entspricht, welche die Impedanz der Belastung ausgleicht. Die Berechnung wird durch ein Zahlenbeispiel ergänzt.

NACHRICHTEN — BÜCHER — LITERATURANGABE

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ȘI AL MINISTERULUI INDUSTRIEI GRELE

Anul 8 nr. 4 București, aprilie 1960

Oportunitatea recurgerii la mașini de calcul în probleme de electrotehnică

Aurel Avramescu* — București

Se știe că utilizarea mașinilor de calcul electronice poate contribui în mod eficace la rezolvarea multor probleme electrotehnice complexe. Totuși, puțini ingineri și tehnicieni cunosc specificul mașinilor și dispozitivelor de calcul sau genul de probleme care se pretează a fi tratate cu aceste mașini. Lucrarea trece în revistă performanțele acestor mașini și arată categorii și exemple de probleme din electrotehnică, a căror rezolvare cu mașini de calcul aduce deosebite avantaje tehnice și economice.

CZ 621.3 : 518.004.14

Complexitatea problemelor electrotehnice și necesitatea de a obține soluții în minimum de timp constituie motivele principale pentru utilizarea mașinilor de calcul și în tehnica curenților tari. Într-adevăr în teoria fenomenelor electromagnetice, care stau la baza electrotehnicii, se face, de la întemeietorul ei J. C. Maxwell, un larg uz de metode, din variate domenii ale matematicilor elementare și superioare. La proiectarea mașinilor și aparatelor electrice modificările fenomenelor fizice ce apar ca urmare a variației parametrilor se urmăresc prin calcule. Construcția echipamentului de înaltă tensiune cere un calcul prealabil al stabilității față de solicitări electrice, termice și mecanice. Stabilirea circulației curenților în regim normal sau anormal în scheme și rețele electrice comportă de asemenea calcule laborioase.

Dificultățile calculelor provin fie din volumul lor mare, chiar dacă ele sînt elementare (cazul rețelelor), fie din faptul că însăși formularea implică aplicarea unor metode matematice dificile, ca ecuațiile diferențiale parțiale, ecuațiile integrale, transformările, iterațiile etc. (cazul problemelor de cîmp, al problemelor neliniare). În aceste cazuri recurgerea la mașini este oportună și avantajoasă, rezultînd economie de timp, de ore-om de înaltă calificare, deci de cost [1]. Cum însă în ultimul timp mașinile de calcul și mai ales cele electronice au ajuns la un înalt grad de perfecționare, există multe probleme care nici nu se pot ataca și rezolva altfel, decît cu ajutorul acestor mașini [2].

În economia planificată rezolvarea promptă și exactă a problemelor de calcul care contribuie la progresul industriei se impune în mod imperios. Nu este întîmplător că A. N. Nesmeianov, președintele Academiei de Științe a U.R.S.S., comentînd expunerea cifrelor de control al planului șeptenal făcută de N. S. Hrușciov, a subliniat rolul important al mașinilor electronice și a făcut apel la o cît mai largă întrebuințare a lor**. În lumina acestei evoluții și în situația apariției în țara noastră a primelor mașini de calcul electronice este oportun să trecem în revistă o serie de probleme din electrotehnică care se pretează la o rezolvare cu ajutorul modelelor sau mașinilor de calcul și să prezentăm realizări concrete de modele și mașini analogice, respectiv succese în aplicarea mașinilor de calcul digitale la soluționarea unor probleme din tehnica curenților tari.

1. Performanțele mașinilor de calcul

Pentru a putea aprecia genurile problemelor ce se pot trata cu diferitele tipuri de modele și mașini de calcul, este util a se preciza pe scurt posibilitățile și performanțele tipurilor moderne ale acestor mașini.

După cum se știe, mașinile de calcul se împart în două clase mari : mașini digitale sau numerice și mașini analogice.

* Prof. dr. ing. *Aurel Avramescu*, membru corespondent al Academiei R.P.R., este șeful Secției de Curenți Tari la Institutul de Cercetări Electrotehnice.

** Scînteia, nr. 4440, p. 3.

1.1. *Mașinile digitale* sînt calculatoare numerice comandate automat, care efectuează în fond o singură operație elementară de calcul, anume adunarea. Mașini mecanice de calcul numeric s-au propus și construit încă de către Leibniz și Euler. În Rusia s-a creat o adevărată școală de mașini de calcul de către matematicianul Ciobîșev, școală dezvoltată considerabil sub regimul sovietic [3].

Precizia, viteza și volumul calculelor s-a mărit în cursul evoluției acestor mașini în așa măsură încît ele pot rezolva practic orice problemă de calcul numeric [4].

O caracteristică particulară a mașinilor numerice este *desfășurarea în timp și după program* a operațiilor. De aceea orice problemă matematică ce urmează a se trata cu astfel de mașini se desface în operații succesive de calcul, după un program pe care mașina îl excută automat [5]. Spre deosebire de mașinile mecanice de birou care utilizează sistemul zecimal, mașinile electronice, care se bazează pe proprietatea de supapă sau releu a tubului cu trei electrozi, întrebuințează sistemul dual de numere. De aci înrudirea cu algebra logică, care joacă un important rol în construcția și perfecționarea acestor mașini [6]. Prepararea matematică a unei probleme pentru a fi introdusă într-o mașină digitală electronică se face de obicei de către un personal pregătit în mod special, atașat în general mașinilor.

Ceea ce electrotehnicienii, care aleg problemele de calcul, trebuie să știe despre mașinile digitale este că ele se pretează cu precădere la rezolvarea sistemelor de ecuații algebrice, în fond la calculul determinanților de ordin superior (practic 10—20), la rezolvarea unor probleme matriciale (rețele) și la soluționarea ecuațiilor cu diferențe finite [7]. Întrucît ecuațiile diferențiale ordinare și chiar cu derivate parțiale se pot transforma între altele, prin așa-numitele metode de relaxare, în sisteme de ecuații cu diferențe finite, ele se pot soluționa pe mașini numerice. Eroarea depinde de numărul de zecimale și se poate micșora relativ ușor. În schimb mașina digitală nu este suficient de maleabilă față de variații ale parametrilor și față de calcularea influenței acestor variații, deoarece acest lucru complică mult programarea [2].

Dacă ordinul problemei este mai mare decît cel al mașinii se pot introduce ușor greșeli apreciabile în rezultate. Mașina nu poate aprecia și alege convergența iterațiilor, ea execută doar comenzile date.

Cu toate aceste observații, mașinile digitale au găsit o largă întrebuințare și joacă azi un rol important în rezolvarea unor probleme științifice și tehnice [8].

1.2. *Mașinile analogice*, extrem de variate, se bazează pe analogia formală între fenomene diferite și pe legile similitudinii acelorași fenomene. Rigla de calcul, instrumentele matematice, integratoarele mecanice și electronice sînt calculatoare analogice. Modelele constituie o altă mare clasă de mașini analogice, indiferent dacă ele reprezintă o realizare la scară redusă de același fel sau transpunerea unor fenomene și procese în alte domenii explorabile sau calculabile mai ușor. În fine aci se încadrează mașinile mecanice și electronice de calcul diferențial și integral, denumite analizoare analogice generale [9].

Din fizica teoretică se știe că anumite ecuații diferențiale fundamentale, ca cele ale oscilațiilor, ale undelor, ale proceselor de difuzie etc. se aplică aidoma unor fenomene din domenii cu totul diferite ale fizicii, ca mecanica, acustica, căldura, electricitatea, magnetismul etc. Acest fapt a fost relevat de Lenin în opera sa filozofică de bază „Materialism și empiriocriticism", prin cuvintele „Unitatea naturii iese la iveală într-o „surprinzătoare analogie" a ecuațiilor diferențiale privind diferitele domenii ale fenomenelor". Într-adevăr această asemănare perfectă a relațiilor de bază dă posibilitatea unei transpuneri a problemelor studiate într-un domeniu mai accesibil observațiilor și măsurătorilor, de exemplu cel al electricității sau al electronicii.

Să dăm un exemplu. Analogia între relațiile fundamentale cunoscute ale conducției curentului electric și a curentului termic (scrise cu notațiile cunoscute):

$$\text{legea lui Ohm: } \overset{\text{curent electric}}{i = \frac{U}{R} = U\frac{\varkappa s}{l}}, \quad \overset{\text{debit termic}}{q = \theta\frac{\lambda s}{l} = \frac{\theta}{R_t}} \quad (1)$$

$$\text{legea capacității: } i = C\frac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}t}, \quad q = \gamma c l s\frac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t} = C_t\frac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t} \quad (2)$$

permite nu numai definirea mărimii noi a rezistenței termice R_t și a „impedanței" termice operaționale:

$$Z_t = \sqrt{\frac{R_t}{pC_t}} = \frac{1}{s}\sqrt{\frac{1}{p\lambda c_v}}, \quad (3)$$

dar și modelarea electrică a proceselor de conducție termică, ceea ce aduce mari avantaje [10].

Modelarea electrică s-a extins în ultimul timp în mod considerabil datorită vitezei mari de desfășurare a fenomenelor, datorită maselor mici în mișcare și preciziei mari a măsurătorilor [1].

Caracteristic pentru mașinile analogice este faptul că, odată fixate condițiile în care se desfășoară fenomenul, operațiile sînt simultane și continue.

Elementele calculatoarelor analogice pot efectua numeroase operații matematice ca însumări, multiplicări, împărțiri, diferențieri, integrări; ele pot reproduce și urmări relații funcționale

complexe ca de exemplu transformările funcționale, indiferent dacă relațiile sînt liniare sau neliniare. Elementele se conexează într-o ordine care corespunde problemei particulare de rezolvat. Soluția apare ca o desfășurare în timp a unei mărimi, de obicei electrice, la ieșire, de exemplu a unui curent sau a unei tensiuni [11].

Problemele de cîmpuri staționare se pretează în mod particular la aplicarea modelelor electrice. Mașinile analogice de calcul rezolvă ușor ecuații diferențiale cu derivate ordinare și parțiale, atît liniare cît și neliniare. O serie de probleme neliniare care așteaptă de mult o rezolvare teoretică, de exemplu comportarea arcului electric, a semiconductoarelor, a circuitelor cu bobine saturate etc., se pot studia cu mașinile analogice generale de integrare. Fenomenele tranzitorii de orice fel se analizează cu precădere pe modele și mașini analogice, mărimea căutată desfășurîndu-se chiar în timp. Parametrii problemei se pot varia ușor și influența acestor variații la intrare se poate ușor vizualiza la ieșire, dacă se recurge la osciloscoape electrice. Problemele la limite se pot soluționa și fără a cunoaște condițiile inițiale, dacă acestea se modifică și se adaptează pînă cînd soluțiile satisfac toate condițiile impuse.

Integratoarele *mecanice* au avantajul unei precizii mai mari și al alegerii arbitrare a variabilei de integrare (integrale Stieltjes), cele *electronice* sînt în schimb mai rapide și mai maleabile, exactitatea menținîndu-se în limitele 0,5—5%. De aceea, aceste mașini sînt extrem de utile pentru calcule rapide, pentru proiectări, încercări, verificări etc.

1.3. *Comparația mașinilor digitale și analogice* în ce privește problemele preferențiale se poate face din mai multe puncte de vedere, după cum se poate vedea în tabela de mai jos.

1.4. *Oportunitatea* de a recurge la mașini de calcul trebuie să se examineze pentru fiecare problemă în parte. Într-adevăr este necesar a se controla dacă utilizarea mașinilor sau modelelor este economică. Pentru multe operații de calcul este economic a rămîne la cea mai simplă mașină analogică: la rigla de calcul. Cu cît mai mare și mai costisitoare este o mașină de calcul, cu atît mai mult costă utilizarea și exploatarea ei [2]. Pe de altă parte pregătirea problemei pentru calcule cu mașina și efortul, respectiv timpul de pregătire a mașinii pentru executarea calculelor, trebuie incluse în considerațiile economice. Modelele, mașinile de calcul analogice și cele digitale se comportă diferit din punctul de vedere al pregătirii, după cum se vede din observațiile din tabela 1 privind maleabilitatea lor.

2. Probleme electrotehnice rezolvabile cu mașini

Trecînd în revistă capitolele mari ale electrotehnicii curenților tari se pot delimita și indica domenii de activitate și probleme care se pretează la calcule cu modele sau cu mașini.

2.1 *Electrotehnica teoretică* oferă numeroase ocazii de întrebuințare a modelelor și mașinilor calculatoare. Astfel, după cum se știe, numai cele mai simple *repartizări spațiale de cîmpuri* electrice, magnetice, de curenți etc. se pot exprima analitic. Multe alte repartizări se potstudia prin metode aproximative [12], dar cîmpurile plane sau spațiale se studiază mult mai ușor în baia electrolitică, de cînd forma și fundul băii contribuie și ele la modelare. În baia electrolitică se pot studia cîmpuri electrice în jurul conductoarelor și izolatoarelor (cabluri de înaltă tensiune), cîmpuri magnetice în transformatoare, în ancoșele și întrefierul mașinilor electrice, cîmpuri de curenți în medii conductoare, cu aplicații la efectul pelicular sau la punerile la pămînt [13].

Un exemplu interesant a fost predeterminarea pierderilor prin curenți turbionari într-un bulon cilindric supus unui cîmp magnetic axial [2]. Relațiile respective se deduc ușor din ecuațiile

Tabela 1

Comparația mașinilor de calcul digitale și analogice

Mașina	Genul problemelor	Avantaje
Digitală	Ecuații algebrice liniare Determinanți, polinoame Ecuații cu diferențe finite Rețele, cîmpuri staționare Probleme statistice	Maleabilitate față de probleme Exactitate mare, 10^{-6} Ordin mare al problemei
Analogică	Ecuații diferențiale ordinare Ecuații cu derivate parțiale Fenomene tranzitorii Reglări, automatizări	Maleabilitate față de variația parametrilor Programare ușoară
a) mecanică b) electrică	Probleme variaționale (Proiectări)	Exactitate suficientă (10^{-3}) Exactitate mică ($5—10^{-2}$)

lui Maxwell, în formula finală apare însă o integrală asupra pătratului unei funcții Bessel, care nu se putea calcula direct. Pe o mașină digitală calculul a reușit și a fost extins la profile tubulare.

Multe alte domenii din fizică și electricitate, ce au o importanță mare în electrotehnică, se pot trata de asemenea cu ajutorul mașinilor de calcul. Astfel *descărcările în gaze* (scîntei, trăsnete, coroana, egrete, arcuri electrice etc.) sînt fenomene neliniare care în faza lor tranzitorie, nestabilă, au o comportare complicată și neexplorată. Ecuația diferențială a arcului electric dedusă de Mayr [14]:

$$\frac{U}{I}\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\frac{I}{U}\right)=\frac{1}{T}\left(\frac{UI}{P_0}-1\right) \qquad (4)$$

valabilă pentru cazul unei caracteristici staționare hiperbolice $U_s\,(I).I = P_0$ permite calculul comportării dinamice a arcului, dar fiind neliniară nu se poate explicita decît cu metode numerice și aproximative. În schimb, cu o mașină analogică de calcul ea se poate rezolva ușor și în cazul cînd caracteristica se apropie de forma reală [2].

Legile similitudinii descărcărilor electrice sînt complicate și poate acestui fapt i se datorește îndoiala în interpretarea constatărilor pe modele de laborator în ce privește preferința loviturilor de trăsnet de a se îndrepta asupra anumitor obiective din apropierea canalului.

Calculul forțelor electrodinamice între conductoare și bobinaje comportă operații complicate imediat ce dispozitivul nu este simplu din punct de vedere geometric. Pentru calculul forțelor de scurtcircuit în bobinajul transformatoarelor sau mașinilor mari, se recurge cu folos la mașini de calcul digitale care pot să înregistreze și să rezolve numeroase relații [15].

Încălzirea și răcirea conductoarelor [16], aparatelor, mașinilor, transformatoarelor și altor unități din instalațiile electrotehnice oferă altă serie de probleme în care calculele devin complicate, imediat ce dispozitivul nu se alege foarte simplu și relațiile nu se idealizează la o formă liniară, care nu corespunde decît aproximativ cu realitatea [17]. Mașinile de calcul analogice și numerice au în aceste probleme separat sau în combinație cu modelările un cîmp vast de aplicație. De altfel, teoria similitudinii are un rol foarte important în calculul cedării de căldură prin radiație și convecție, este deci natural ca problemele referitoare să se preteze a se rezolva cu ajutorul modelelor.

2.2. *Industria electrotehnică* are multiple și variate probleme ca distribuția și mișcarea materialelor, semifabricatelor și produselor, probleme de controlul statistic al calității produselor, de automatizări ale proceselor de fabricație, de contabilitate, salarizare, preț de cost etc., probleme în care calculele manuale devin dificile, imobilizează personal mult și sînt neeconomice. În toate aceste cazuri se poate recurge la mașini de calcul, începînd cu mașinile de birou mecanice sau electrice, pînă la mașinile digitale electronice.

2.3. *Mașinile electrice* comportă în faza de proiectare a prototipurilor, a seriilor de fabricație, calcule detaliate, încadrate de indici tehnico-economici, dar în care se pot varia numeroși parametri de natură mecanică, electrică, termică etc. Astfel de probleme se rezolvă cu mare economie de timp cu ajutorul mașinilor numerice. Este de așteptat ca în curînd să se recurgă și la noi la astfel de mașini în probleme similare.

Multe din fenomenele ce intervin în mașini electrice cer o cercetare detaliată, ce comportă calcule dificile. Exemple sînt: turațiile critice ale rotoarelor de alternatoare, tensiunile termoelectrice în turborotoarele masive datorite încălzirii prin curenți turbionari, fenomenele electromecanice tranzitorii la pornirea mașinilor, răcirea turbogeneratoarelor mari etc. [18]. Probleme de acest gen se tratează pe modele și cu mașini analogice, mai ales dacă se cere un studiu al influenței multor parametri. Astfel, comportarea generatorului sincron la șocuri de sarcină și la scurtcircuite se poate studia obținînd de exemplu din oscilogramele unui scurtcircuit reactanțele subtranzitorii, tranzitorii și reactanța sincronă. Înfășurătoarea amplitudinilor de curent putîndu-se exprima prin formula [18]:

$$i_m(t) = I_2 \exp(-t/T_2) + I_1 \exp(-t/T_1) + i_\infty \qquad (5)$$

din valorile constantelor de timp rezultă ușor reactanțele [2]. Acestea se pot aplica consecutiv unui model redus sau analogic de generator și dacă rețeaua la care acesta se leagă este liniară, efectele suprapunîndu-se, se poate studia reacția rețelei asupra fenomenului tranzitoriu în mașină.

Comportarea dinamică a grupurilor mari electrogene sau electromotoare se studiază în cursul proiectării spre a se putea garanta anumite performanțe și caracteristici. Astfel, caracteristica de frecvență a mașinilor sincrone și caracteristicile mecanice și electrice staționare se calculează ușor pe mașini digitale; la fel repartizarea curenților în barele unui motor asincron în cursul pornirii, știind că pentru anumite raporturi ale numărului de ancoșe statorice și rotorice pot să apară cupluri negative [19]. Sistemele de ecuații diferențiale ordinare neliniare, care descriu comportarea electromecanică a mașinilor electrice, nu se pot rezolva direct, ci numai prin aproximații.

Mașinile analogice cu acțiune repetată permit în acest caz inginerului proiectant să observe pe ecranul unui osciloscop în mod nemijlocit influența variației oricăruia dintre parametri asupra soluției. De aceea, mașinile analogice se preferă la studiul orientativ al fenomenelor tranzitorii cu parametri variabili. Dacă se cer soluții exacte se poate recurge oricînd la mașini digitale.

La Institutul de Energetică al Academiei s-a realizat modelarea la scară redusă a unor generatoare sincrone și compensatoare ce servesc la studiul complex al comportării mașinilor mari în exploatare [20].

2.4. *Transformatoarele* se fabrică pînă la puteri unitare de 1600 — 2000 kVA în *serii*, care se calculează la proiectare detaliat, alegîndu-se o soluție optimă din numeroase variante. Ca în cazul mașinilor electrice asincrone, calculele variantelor se pot efectua cu mașini numerice, care permit între altele întocmirea automată a unor tabele de valori sau mijlocit a unor diagrame, eventual nomograme ce ușurează mult munca inginerească.

Unitățile mari de transformatoare sînt unicate care se calculează separat și complet conform cu cererea beneficiarului. Timpul necesar pentru calcule lungea de obicei termenul de livrare. Ajutorul reprezentat de mașinile de calcul în această situație este salvator, permite accelerarea lucrărilor și utilizarea din plin a capacității de producție [21].

Repartizarea tensiunilor de impuls pe bobinaje comportă calcule complicate, chiar dacă se aplică transformația lui Laplace. După cum se va arăta mai jos, soluția se poate obține ușor cu ajutorul modelelor, combinate cu mașini de calcul analogice, putîndu-se include chiar unele neliniarități, datorite de exemplu saturației magnetice sau efectului pelicular în conductoare.

Curbele de tensiune și curent nesinusoidale din instalații cu redresoare și onduloare se pot determina în toate detaliile cu ajutorul mașinilor electronice analogice sau digitale [22].

2.5. *Liniile de transmisie* pun la proiectare și în exploatare numeroase probleme de calcul. Minimalizarea costului cere calcule complicate dacă se impune o apropiere de condițiile reale (teren, materiale) [23]. Mașinile numerice cu memorie permit nu numai obținerea rapidă a multor variante, dar pot ele indica și reține varianta optimă.

Parametrii electrici ai liniilor de transmisie mari, repartizările tensiunii și curentului ce rezultă din rezolvarea ecuațiilor diferențiale de propagare se puteau obține și în trecut direct din nomograme speciale (relieful sh și th). Mașinile analogice permit studiul variației oricărui parametru asupra caracteristicilor liniei.

Repartizarea spațio-temporală a supratensiunilor atmosferice pe elementele unei linii comportă calcule în fond simple, în realitate extrem de laborioase [24], de cele mai multe ori prohibitive din punct de vedere economic. Mașinile de calcul digitale permit atacarea multor probleme de acest fel, ținînd seama de numeroși parametri ce de obicei se neglijau.

2.6. *Rețelele de distribuție* comportă calcule de determinare a repartizării puterilor, tensiunilor și curenților de regim și de scurtcircuit ce se exprimă prin sisteme de ecuații diferențiale. Anumite metode de reducere a ordinului determinanților [25] permit să se rezolve sisteme de ordinul 50, și mai mult, cu ajutorul mașinilor de calcul digitale.

Metoda mecano-grafică propusă de P. Dimo pentru studiul comportării complexe a stabilității statice și dinamice a rețelelor [26], a repartizării tensiunilor și curenților de scurtcircuit se încadrează în mod vădit între metodele analogice, ea permițînd o orientare rapidă sub parametrii variabili, cu o renunțare la o prea mare precizie.

Modelul de rețea a devenit o noțiune familiară azi, cu toate că realizarea lui ia forme foarte diferite. Într-adevăr, pentru studii de repartizare modelul trebuie să reproducă procesele din oricare ochi al rețelei reale, deci trebuie să modeleze întreaga rețea [27]; în schimb pentru a studia reacția unei rețele complexe asupra unui element al ei, este suficient să se realizeze la scară redusă o schemă echivalentă care se comportă în procesele studiate analog ca întreaga rețea [28]. La noi în țară s-au realizat și se lucrează pe modele de rețea la ISPE și la Institutul de Energetică al Academiei R.P.R. Alte modele de rețea, sînt în studiu sau în curs de realizare.

2.7. *Regulatoarele și reglările* electrice și electromecanice cu circuit deschis sau închis se pretează deosebit de bine la studii cu ajutorul mașinilor de calcul. Un regulator real se poate conecta ușor la un model de rețea, știindu-se interacțiunea dintre ele în caz de perturbații. Să amintim de exemplu studiul reglării tensiunii într-un punct al rețelei după o modificare bruscă a sarcinii într-un alt punct [29].

La Institutul de Energetică al Academiei R.P.R. s-au studiat modele de regulatoare pentru grupuri hidro- și turbogeneratoare [30].

2.8. *Elementele protecției selective* se pretează la studii pe modele. Verificarea releelor se face de mult în circuite analogice care reproduc stările de defectare ale rețelei în punctul considerat. Sistemul de protecție a unei rețele complexe [31] se poate studia și verifica ușor cu mașini de calcul numerice.

Pentru studiul comportării siguranțelor fuzibile la suprasarcini și scurtcircuite s-au propus și construit modele termice, experiențele efectuate pe acestea permițînd îmbunătățirea

considerabilă a performanțelor calității acestor siguranțe [32].

2.9. *Utilizările electrotehnice*, anume acționările, electrocăldura, electrochimia, transporturile electrice etc., reprezintă domenii vaste în care pot să apară probleme de calcul complicate și laborioase. Să ne gîndim de exemplu la studiul electrodinamic al inversării unui motor de laminor [2], la calculul încălzirii unui mare cuptor electric [33], sau la caracteristicile de pornire sau de mers ale unei locomotive electrice. În cadrul acestei lucrări nu putem decît să amintim aceste domenii și exemple.

3. Exemple de modelare electrică a proceselor de transmitere a căldurii

3.1. *Principiul.* Se știe că unul din criteriile fundamentale pentru dimensionarea instalațiilor, mașinilor și aparatelor electrice este limitarea încălzirii. Elementele constructive, din materiale cu caracteristici variate, cu limite de încălzire diferite, trebuie să fie solicitate din plin în ansamblele constructive, spre a se atinge indici de calitate ridicați. Fluxul de căldură din elementele active (aflate uneori în mișcare), dirijat spre suprafața exterioară a unității constructive, trebuie stabilit cu acurateță de proiectant. Legarea în serie și în paralel a diferitelor rezistențe termice a sugerat de mult utilizarea unor scheme electrice echivalente, a căror comportare se poate studia mai ușor, fie analitic, fie experimental, din cauza teoriei mai dezvoltate a rețelelor electrice și a posibilităților de măsurare mult mai largi.

În cele de mai sus s-a arătat identitatea formală între ecuațiile fundamentale (1), (2), (3) ale curentului electric și ale debitului termic.

In cele ce urmează se prezintă unele exemple concrete de modele electrice, se arată posibilitățile de utilizare a lor pentru rezolvarea problemelor de încălzire și se discută oportunitatea de a se recurge la modele.

3.2. *Modelul Beuken*, construit în 1936 de inginerul olandez L. Beuken pentru reproducerea analogă a fenomenelor de mișcare tranzitorie a căldurii în peretele unui cuptor electric metalurgic [34], se compune dintr-un număr de 5—10 cuadripoli *CR* în T (de prima speță) sau în π (de a doua speță).

După cum se vede din fig. 1, există o analogie perfectă între fenomenul de difuzie prin conducția căldurii în elementele dx ale peretelui și între încărcarea succesivă a elementelor unui cablu *CR*. Execuțiile diferențiale corespunzătoare sînt cu notațiile obișnuite :

$$\begin{aligned} &\text{curent electric} && \frac{\partial i}{\partial t} = \frac{1}{CR}\frac{\partial^2 i}{\partial x^2} \\ &\text{debit termic} && \frac{\partial q}{\partial t} = \frac{\lambda}{\gamma c}\frac{\partial^2 q}{\partial x^2} \end{aligned} \qquad (6)$$

$$\begin{aligned} &\text{tensiunea electrică} && \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{1}{CR}\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \\ &\text{temperatură} && \frac{\partial \vartheta}{\partial t} = \frac{\lambda}{\gamma}\frac{\partial^2 \vartheta}{\partial x^2}. \end{aligned} \qquad (7)$$

Valoarea absolută a elementelor C și R în modelul electric depinde de raportul scărilor timpului. Beuken a realizat la Institutul de

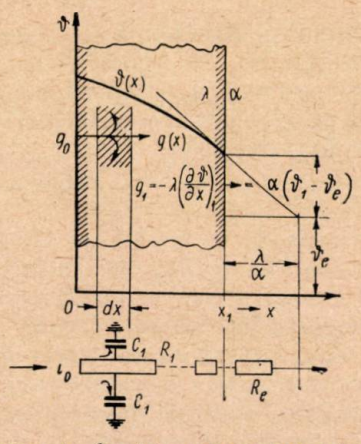


Fig. 1. Încălzirea unui perete plan și modelul *CR* corespunzător.

Electrocăldură din Maastricht un model *CR* cu decade, avînd raportul de timpuri 1 : 200. De atunci s-a încercat cu succes mărirea acestui raport cu scopul de a micșora valorile capacităților și rezistențelor [35]. Scurtarea timpurilor în modelul electric nu prezintă dificultăți dacă se recurge la osciloscop.

3.3. *Combinarea modelului Beuken cu o cuvă electrolitică* asigură o extindere considerabilă a posibilităților de cercetare a cîmpurilor de temperatură tranzitorii în corpuri cu forme complicate și la condiții de frontieră diferite [35]. Corpul se modelează întîi în cuva electrolitică și se stabilește cîmpul potențial corespunzînd repartizării temperaturii în stare staționară. Apoi corpul se împarte în părți cu o rezistență electrică, respectiv termică egală, și aceste părți se studiază în regim tranzitoriu cu ajutorul modelului Beuken. Acest procedeu a dat posibilitatea de a stabili cîmpuri de temperatură plane al căror calcul nu se putea face nici cu metodele eficace ale reprezentării conforme, ca de exemplu cîmpul unor surse cilindrice discrete într-un perete plan avînd o suprafață reflectantă și una pe care cedarea de căldură se face prin convecție și radiație.

3.4. *Stabilirea parametrilor electrici ai modelului* din n cuadripoli $C_1 R_1$ de prima speță (în T) se face alegînd corespondența timpurilor din raportul constantelor de timp :

$$\left.\begin{aligned} &\text{termică} && T_t = \frac{x^2}{2a} = \frac{x^2}{2}\frac{\gamma c}{\lambda} \\ &\text{electrică} && T_e = \frac{1}{2} n^2 R_1 C_1 \end{aligned}\right\} \qquad (8)$$

definite după propunerile autorului [36], $2x$ fiind grosimea peretelui.

Raportul T_t/T_e se alege mai mare de 10^3.

Rezultă următorii parametri [10]:

curent de ieșire $i_2 = (Z \operatorname{shn} \bar{g})^{-1}$ (9)

factor de atenuare $\bar{A} = \operatorname{ch} \bar{g} = 1 + \frac{1}{2} p R_1 C_1$ (10)

impedanță caracteristică $\bar{Z} = \sqrt{\frac{R_1}{pC_1}} \operatorname{sech} \frac{1}{2} \bar{g}$. (11)

Cedarea prin convecție și radiație (cu un coeficient $\alpha = \alpha_c + \alpha_r$) și după o lege (Newton) de forma:

$$\lambda \frac{\partial \vartheta}{\partial n} + \alpha \vartheta = 0 \qquad (12)$$

pe o suprafață exterioară se poate modela prin adăugarea unei rezistențe R_0 în fața cablului CR (fig. 1).

Din aceste date modelul se poate construi. De obicei nu se modelează un singur caz de conducție termică, ci rezistențele R_1 și capacitățile C_1 se fac variabile în decade, ceea ce permite rezolvarea a numeroase probleme de propagare a căldurii.

3.5. *Alegerea între calculul analitic și experimentarea pe model* trebuie cumpănite pentru fiecare caz în parte. Într-adevăr, după cum s-a arătat recent, există multe probleme de mișcare a căldurii, în care, după stabilirea schemei electrice echivalente, calculul regimului tranzitoriu cu ajutorul metodelor analitice moderne, ca transformația Laplace, oferă reale avantaje de timp și de exactitate, față de modelarea electrică. S-a calculat între altele care este eroarea care se comite în modelul Beuken, dacă el se limitează la $n = 1, 2, 3, 4, 5$ elemente în comparație cu cablul CR infinit [37].

Renunțarea la calcul în aceste cazuri ar avea nu numai dezavantajul unei pierderi de timp, dar și de îndemînare calculatorie a proiectanților. Construcția unui model costă timp și mijloace de investiții. Numai modelele generale care permit reproducerea unor variate și frecvente probleme pot compensa repede efortul depus pentru construcția lor. Modelele speciale devin economice numai în probleme importante ce intervin cu o frecvență foarte mare. Există bineînțeles cazuri în care modelele se impun fără discuție, ca de exemplu în problemele neliniare, în cele ce comportă ecuații de ordin superior etc.

Cum acestea sînt probleme moderne și de viitor, construcția de modele trebuie încurajată în țara noastră, ea contribuind la introducerea tehnicii noi în laboratoare, în institutele de cercetări și de proiectări.

Ilustrarea unor posibilități de a rezolva probleme de calcul din domeniul tehnicii curenților tari cu ajutorul modelelor și al mașinilor de calcul a avut scopul de a mobiliza fizicienii și inginerii noștri să facă uz din plin de aceste posibilități pe care tehnica nouă le oferă și le aplică constructiv în probleme ce contribuie la progresul industriei noastre electrotehnice și implicit la electrificarea și bunăstarea țării.

Bibliografie

[1] *L. I. Gutenmaher*, ș.a.: Problemele modelării electrice. Bibl. An. Rom. — Sov. nr. 16; Ed. Acad. R.P.R. București 1953.

[2] VDE: Anwendung elecktrischer Rechenanlagen in der Starkstromtechnik. VDE Buchreihe Bd. *3*. VDE-Verl. Berlin 1958.

[3] *N. A. Arhanghelski, B. J. Zaițev*: Avtomaticeskie țifrovîie mașinî G. I. Fiz. — Mat. Lit. Moscova 1958.

[4] *I. A. Kitov*: Calculatoarele electronice cifrice (trad. l. rusă) Ed. Tehnică, București 1959.

[5] *A. P. Erșov*: Programiruiușciaia programa dlia bîstrodeistvuiușcei elektronoi șciotnoi mașini. Acad. Nauk S.S.S.R. Moscova 1958.

[6] *G. Moisil*: Scheme cu comandă directă cu contacte și relee (Rotaprint) Ed. Acad. R.P.R, București, 1958.

[7] *M. B. Kagan, T. M. Mikaelian*: Reșenie inginerîh zadaci na avtomaticeskih țifrovîh vicislitelnîh mașinah. Gosenergoizdat, Moscova-Leningrad, 1958.

[8] *V. V. Vasmanov*: Vicislitelnîie matematiskie priborî, Mașghiz, Moscova 1958.

[9] *G. A. Korn, T. M. Korn*: Electronic analog computers J. Wiley, New-York 1952; trad. l. rusă IIL, Moscova, 1955.

[10] *A. Avramescu*: Probleme de difuzie tratate în analogie cu probleme de transmisie. Com. Acad. R.P.R. **8** (1958) 12, 1263—1271.

[11] *A. N. Lebedev*: Sciotno —reșaiușcii ustristva. Mașghiz, Moscova, 1958

[12] *A. Țugulea*: Calculul prin aproximații al permeanțelor, Electrotehnica **6** (1958) 5, 164—172.

[13] *L. Malavard*: La méthode d'analogie rhéoéléctrique, ses possibilités et ses tendences. J. intern. Calcul Analog, Bruxelles 1955. L'onde éléctrique **36** (1956) 353, 762—769; 355, 828—837; 357, 1046—1052.

[14] *O. Mayr*: Über die Theorie des Lichtbogens und seine Lösung. Elektrotechn. Z. (ETZ) **64** (1943) 49/50, 645—652.

[15] *F. Salgues, B. Hochart*: Contribution théorique et expérimentale au problème des efforts en court-circuit dans les transformateurs. Bull. Soc. Franc. Electric. **8** (1958) 92, 479—497.

[16] *A. Avramescu*: Erwärmungsberechnung elektrischer Leiter. Habil. — Diss. T. H. Dresden 1943.

[17] *J. Hak*: Die inneren axialen Wärmewiderstände einer elektrischen Maschine. Arch. Elektrotechn. **43** (1957) 58—69.

[18] *D. Kerényi*: Turbogenerátorok forgórészének felületi hütése. Elektrotechnika **48** (1955) 289.

[19] *P. Andronescu*: Über den Verlauf des Drehmomentes bei asynchronen Drehfeldmotoren. Diss. ETH. Zürich, 1922; Arch. Elektrotechn. **12** (1923) 1,6—12

[20] *C. Apetrei, M. Elefterescu*: Modele electrodinamice ale sistemelor electroenergetice, Modelarea generatoarelor sincrone, Studii Cercet. Energetica **6** (1956) 3,311—329.

[21] *P. A. Abetti, W. J, Cuthbertson, S. B. Williams*: Philosophy of applying digital computers to the design of electric apparatus. Transact. Amer. Inst. Electr. Engrs. I **77** (1958) 37, 367—379.

[22] *Gh. Hortopan*: Elemente de calcul pentru redresoare de putere: I Tensiunea redresată. Electrotehnica **3** (1955) 6, 225—232.

[23] *G. Jancke*: Planung grosser Höchstspannungsnetze Elektrotechn. Z. (ETZ—A) **80** (1959) 11, 321—331.

[24] *G. Drăgan*: Contribuții la determinarea supratensiunii în cazul căderii trăsnetului pe o linie aeriană prevăzută cu conductori de protecție, ținînd seama de efectul corona de impuls. Studii Cercet. Energetica **9** (1959) 1,77—83.

[25] *G. Kron*: A set of principles to interconect the solutions of physical systems. J. appl. Mathem. **24** (1953) 8, 965—980.

[26] *P. Dimo:* Analiza sistemelor electromagnetice prin separarea nodurilor și utilizarea curenților de scurcircuit, Ed. Tehn. București, 1959.

[27] *Coombe L. W., Lewis D. G.*: Digital calculation of short-circuit currents in large complex-impedance networks, Transact. Amer. Inst. electr. Engrs. III Power App. & Syst. **76** (1957) 1394.

[28] *Ignácz P.*: Kisminták és számológépek a villamosipar műszaki szinvonalának emelése szolgálatában. Elektrotechnika **52** (1959) 5—6,193—208.

[29]. *N. Klamka*: Ein elektronischer Modellregelkreis für die Synthese und Analyse von Regelvorgängen und Regelgeräten, Dtsch. Elektrotechn. **10** (1956) 5, 177—182.

[30] *P. Crețu, N. Sprînceană*: Modelarea mașinilor primare cu ajutorul mașinilor electrice, Electrotehnica **7** (1959) 5, 168—177.

[31] *C. Penescu*: Automatica și telemecanica sistemelor energetice V. I. Ed. Acad. R.P.R. 1959.

[32] *E. B. Carne, A. E. Guile*: An analysis of an analogue solution applied to the heat conduction problem in a cartrige fuse, Transact. Amer. Inst. Electr. Engrs. III **72** (1953) 861—868.

[33] *W. Fischer*: Die Modellabbildung von Wärmeströmungsvorgängen und ihre Messtechnische Ausnützung. Elektrowärme (1939) 7, 133.

[34] *H. Müller*: Das Beukenmodell. Grundlagen, Grenzen und Anwendungsmöglichkeiten. Elektrowärmetechnik **3** (1951) 3, 51—54.

[35] *H. Müller, F. Weideneder*: Anwendung des Beukenmodelles in der Ausführung nach K. H. Brokmeier zur Untersuchung von Wärmeübergängen. III. Congr. internat. du Chauffage electr. Paris 1953.

[36] *A. Avramescu*: Constanta de timp a fenomenelor tranzitorii, Bul. științif. Acad. R.P.R. **4** (1952) 3—4, 241—248.

[37] *B. Rusian*: Trattamento analitico di semplici problemi termici non stazionari. Elettrotecnica **46** (1959) 8,474—487.

Intrat în redacție la 21 ianuarie 1960

Aplicații ale mașinilor de calcul în tehnica curenților tari

Gh. Hortopan* — București

Dezvoltarea tehnicii curenților tari pune probleme din ce în ce mai complexe din punct de vedere fenomenologic și economic, a căror rezolvare necesită calcule analitice extrem de laborioase.

Utilizarea mașinilor și auxiliarelor de calcul analogic în tehnica curenților tari constituie astfel o necesitate, avînd în vedere numărul mare de variante care trebuie abordate pentru determinarea rapidă a soluției optime.

În lucrarea de față se prezintă o serie de auxiliare de calcul privind probleme importante din tehnica curenților tari care au fost fie realizate, fie studiate în cadrul secției de curenți tari a Institutului de Cercetări Electrotehnice.

CZ 621.311/316.001.57 : 518.5

Dezvoltarea continuă a sistemelor energetice și creșterea puterilor instalate în centralele electrice, ca urmare a procesului de industrializare continuă din țara noastră, necesită o cunoaștere amănunțită a fenomenelor ce au loc în complexele menționate în condițiile funcționării normale a echipamentului, precum și în caz de avarie.

Experimentarea pe viu în sistemele energetice în vederea cunoașterii și stăpînirii fenomenelor este de cele mai multe ori imposibilă. Pe de altă parte problemele care trebuie rezolvate nu sînt numai pur fenomenologice sau funcționale, ci de cele mai multe ori sînt probleme economice. Astfel de probleme sînt:

— reducerea la minimum a cheltuielilor privind izolația în transformatoarele de înaltă tensiune;

— elaborarea unei serii unitare de mașini electrice, cu costuri anuale (amortizare plus exploatare) minime;

— optimalizarea circulației de puteri în rețelele electrice etc.

Rezolvarea unor asemenea probleme complexe, prin calcul analitic și cu instrumente de calculat simple, fie că nu este posibilă, fie că durează prea mult timp, astfel încît apariția auxiliarelor de calcul în tehnica curenților tari constituie o necesitate atît din punct de vedere pur științific, cît și din punct de vedere tehnologic. În proiectarea și tehnologia industrială auxiliarele de calcul au un rol hotărîtor. Aportul cercetătorilor sovietici relativ la auxiliarele de calcul, folosite în tehnica curenților tari, este esențial. Astfel în domeniul modelării electrice sînt cunoscute lucrările lui M. P. Kostenko [1], V. A. Karasev [2], V. A. Venikov și A. V. Ivanov-Smolenski [3]; în domeniul analizoarelor de fenomene tranzitorii sînt cunoscute lucrările lui I. F. Polovoi [4]. De asemenea în domeniul folosirii mașinilor de calcul pentru proiectarea seriilor unitare de motoare asincrone, T. G. Soroker și B. M. Kagan [5] au o contribuție esențială. La noi în țară, Academia R.P.R. a editat o culegere de lucrări [6] relativ la problemele modelării electrice.

* Conf. ing. *Gh. Hortopan* este director tehnic al Institutului de Cercetări Electrotehnice din București.

Auxiliarele de calcul folosite în tehnica curenților tari se prezintă sub formă de modele analoge: analizoare de fenomene tranzitorii, mașini de calculat analogice și digitale. În cadrul lucrării de față se prezintă cîteva aplicații ale acestor auxiliare de calcul în rezolvarea problemelor de curenți tari, aplicații care au constituit fie obiectul unor realizări, fie obiectul unor studii în cadrul Secției de Curenți Tari din Institutul de Cercetări Electrotehnice.

1. Baia electrolitică

Principiul. Baia electrolitică reprezintă un auxiliar de calcul, cu ajutorul căruia se rezolvă probleme de repartiție a cîmpurilor electrostatice, electromagnetice și a densităților de curenți. Principiul modelării constă în stabilirea unei analogii între relațiile matematice care definesc fenomenele, pe de o parte în original și pe de altă parte în model. Nu este obligatoriu ca procesele fizice care au loc în model și original să fie aceleași. În esență în baia electrolitică se măsoară cîmpul electric existent între doi sau mai mulți electrozi cufundați într-un electrolit, electrozi care intră în componența modelului și care primesc potențiale electrice de la o sursă externă. În baie este satisfăcută ecuația lui Laplace:

$$\Delta V = \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = 0. \qquad (1)$$

Ca urmare, orice cîmp irotațional, care satisface ecuația lui Laplace, poate fi modelat cu ajutorul băii electrolitice.

Aplicație la determinarea cîmpului electric în transformatoare. În acest caz diferitelor permitivități ale dielectricilor în original, le corespund diferite conductivități ale modelului în baia electrolitică. Cu ajutorul băii se pot studia trei tipuri de solicitări dielectrice ale originalului, corespunzînd celor trei încercări dielectrice la care este supus un transformator: încercarea de rigiditate dielectrică la 50 Hz; încercarea cu tensiune indusă și încercarea la impuls de tensiune. În fig. 1 s-a reprezentat schematic baia electrolitică, cu modelul de transformator, în situația încercării rigidității dielectrice la 50 Hz [7]. Ca și în original, cuva și înfășurarea de tensiune mai joasă sînt la potențialul zero, iar înfășurarea de înaltă tensiune este supusă la tensiunea plină. Schimbarea conductivității, în scopul reproducerii izolațiilor, se obține prin practicarea, prin frezare, de adînciturі corespunzătoare.

În cazul studiului prin metoda de compensare se urmăresc, cu sonda, liniile de forță de același potențial cu potențialul la care se află cursorul rezistenței R. În această situație, așa cum se indică în fig. 1, schema electrică a montajului corespunde unei punți simple, în care două brațe ale punții sînt constituite din rezistența R divizabilă, iar celelalte două brațe din rezistența băii între cei doi electrozi și sondă. Modelul pentru reproducerea încercării la rigiditatea dielectrică între spire este util numai în cazul executării în straturi a bobinajului de

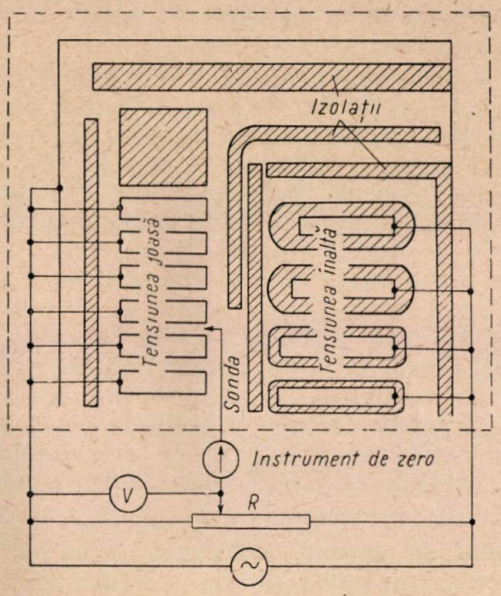


Fig. 1. Schema de principiu pentru ridicarea curbelor echipotențiale în cazul încercării unui transformator la rigiditate dielectrică.

înaltă tensiune. În acest caz diferitelor straturi ale bobinajului le corespund armături supuse la diferite potențiale. Modelul pentru reproducerea încercării de impuls se realizează cu scopul de a determina distribuția inițială ($t = 0$) a cîmpului electric. Această distribuție rezultă din repartiția capacităților între elementele înfășurării și față de pămînt. În fig. 2 s-a indicat o schemă a modelului, cu indicarea capacităților care se reproduc pe model. Înfășurarea de joasă tensiune și cuva se conectează la potențialul zero, iar tensiunea plină se aplică într-un singur punct, notat pe figură cu U.

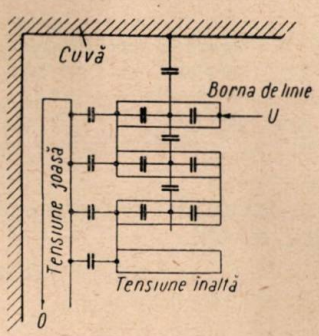


Fig. 2. Model, în baia electrolitică, corespunzător încercării la impuls, pentru determinarea distribuției inițiale a tensiunii.

La Institutul de Cercetări Electrotehnice (ICET) sînt în curs lucrări de modelare cu ajutorul băii electrolitice, în vederea determinării solicitării dielectricilor în transformatoarele de înaltă tensiune, construite în țară.

2. Modelul de rețea

Dezvoltarea continuă și rapidă a rețelelor de înaltă tensiune a făcut ca executarea calculelor privitoare la regimurile de funcționare normale și anormale să fie extrem de dificilă.

Acesta a fost motivul pentru care primele modele de rețea au apărut în jurul anilor 1915—1916. Necesitatea acestor modele este astăzi mai evidentă, dacă ne gîndim la ritmul de dezvoltare, la noi în țară, atît al centralelor electrice, cît și al rețelelor de înaltă tensiune interconectate.

Modelul de curent continuu este folosit pentru modelarea rețelelor de joasă tensiune buclate, ca și pentru modelarea rețelelor de medie și înaltă tensiune, cînd se cere o precizie mai mică. În acest scop se pot determina curenții de scurtcircuit (componenta alternativă) și repartiția globală a sarcinii (activă și reactivă). Rezultatele pot fi luate în considerare dacă factorul de putere este practic constant în toată rețeaua și dacă sarcinile sînt de același ordin de mărime. Eroarea sistematică, care intervine în modelul de rețea de curent continuu, se poate calcula principial. Dacă în rețeaua reală se conectează în serie două linii de impedanță $\underline{Z}_1$ și $\underline{Z}_2$, impedanța totală va fi $\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2$ în rețeaua reală și $|Z_1| + |Z_2|$ în modelul de curent continuu. Eroarea care se face se calculează din fig. 3 și este [8]:

$$e_z = \frac{1 + k}{\sqrt{k^2 + 2k\cos\psi + 1}} - 1, \qquad (2)$$

deci cu atît mai mare cu cît unghiul ψ este mai mare și cu cît raportul $k = |Z_1| / |Z_2|$ se apropie de unitate.

Generatoarele din rețea sînt înlocuite cu surse de curent continuu, iar impedanțele rețelei cu rezistențe. Măsura mărimilor electrice se face,

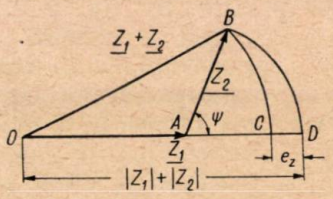


Fig. 3. Determinarea erorii de măsură e_z cu modelul de curent continuu, la conectarea în serie a impedanțelor Z_1 Z_2.

fără amplificatoare, cu ajutorul galvanometrelor sensibile cu cadru mobil.

Modelul de curent alternativ permite studiul rețelelor electrice în următoarele situații:

Funcționare normală:

Repartițiile de curenți, tensiuni, puteri active și reactive.

Amplasarea compensatoarelor capacitive și inductive.

Amplasarea și reglajul transformatoarelor regulatoare longitudinale și transversale.

Influența variațiilor de sarcină.

Influența conectării și deconectării liniilor și centralelor electrice.

Proiectarea interconectării si extinderii rețelelor.

Funcționarea în regim de avarie:

Repartiția curenților și tensiunilor la scurtcircuite și puneri la pămînt.

Determinarea valorilor maxime și minime pentru curenții de defect în vederea reglării protecției prin relee.

Influența, la avarii, a legării neutrului la pămînt.

Influența cuplajelor capacitive și inductive în rețele.

Cercetări de stabilitate:

Stabilitatea statică.

Stabilitatea dinamică la diferite feluri de defecte.

Deducerea parametrilor modelului are loc conform relației fundamentale de similitudine, care impune conservarea fazei și a amplitudinii în unități relative pentru impedanțele din model și original [9]:

$$\frac{\underline{Z}_m}{Z_{bm}} = \frac{\underline{Z}_0}{Z_{b0}}. \qquad (3)$$

Din relația (3) rezultă:

$$R_m = \frac{Z_{bm}}{Z_{b0}} R_0 \qquad (4)$$

$$L_m = \frac{\omega_0}{\omega_m} \cdot \frac{Z_{bm}}{Z_{b0}} L_0 \qquad (5)$$

$$C_m = \frac{\omega_0}{\omega_m} \cdot \frac{Z_{b0}}{Z_{bm}} C_0. \qquad (6)$$

În relațiile (3), (4), (5), (6) cu indicele 0 s-au notat mărimi pentru original și cu indicele m mărimi pentru model. În plus s-a notat:

$Z_{bm} = \frac{U_{bm}^2}{S_{bm}}$, impedanța de bază pentru model.

$Z_{b0} = \frac{U_{b0}^2}{S_{b0}}$, impedanța de bază pentru original.

În fig. 4 se indică modul de modelare pentru generator, transformator, linie aeriană, cablu, sarcină. Generatorul se modelează printr-un regulator de fază și un transformator de reglaj. În acest mod se poate regla faza și amplitudinea tensiunii produse de generator. Pentru modelarea reactanțelor generatorului se folosesc elemente de impedanță L, R, separate.

Modelarea liniei se face printr-un cuadripol în π sau T. Transformatorul se modelează de asemenea prin cuadripol în π sau T, în care se prezintă pierderile în fier, precum și curentul de magnetizare. Sarcina complexă se modelează prin elemente R, L, C variabile, conectate în paralel.

În afara modelărilor indicate în fig. 4 după complexitatea rețelei se mai modelează: receptoare alimentate la tensiune constantă, trans-

formatoare regulatoare, transformatoare și condensatoare de separație etc.

În general este suficientă o modelare monofazată. Multe procese în funcționarea rețelei

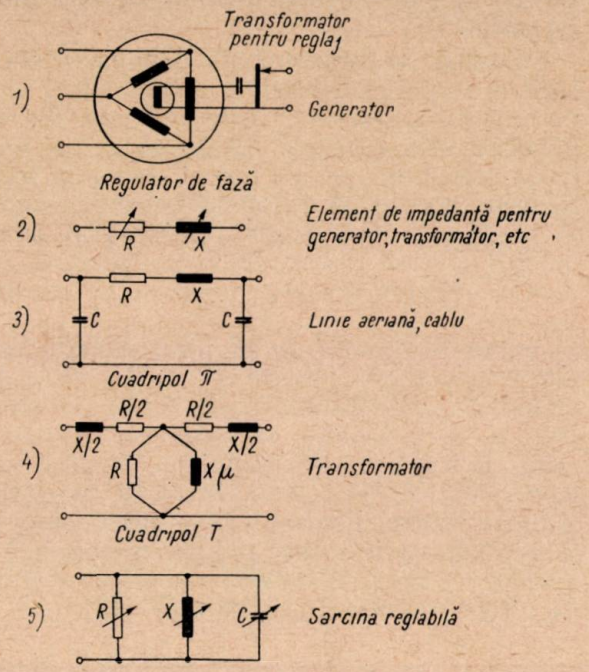


Fig. 4. Elementele principale ale unui model de rețea.

sînt simetrice. Procesele nesimetrice pot fi modelate tot monofazat, prin descompunerea în componente simetrice.

Măsurarea elementelor căutate pe model — tensiune, curent, putere activă, putere reactivă, fază — se realizează prin introducerea instru-

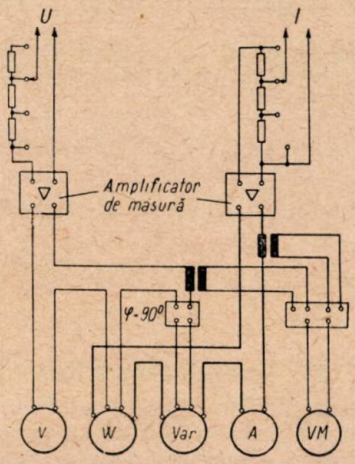


Fig. 5. Schema de măsură a mărimilor electrice pe un model de rețea.

mentelor de măsură în punctele dorite ale rețelei. În fig. 5 se arată un astfel de sistem de măsurare [10], care folosește amplificatoare de măsură pentru circuitele de tensiune și curent. Caracteristic pentru schema indicată în fig. 5 este posibilitatea de măsurare simultană pentru puterea activă și reactivă, precum și posibilitatea de măsurare directă, cu ajutorul unui vectormetru, a defazării între curent și tensiune. Puterea la intrare în amplificatoarele de măsură este de ordinul $2{,}5 \cdot 10^{-8}$ VA, iar consumul în rezistențele de adaptare a tensiunii și curenților este mai mic de un miliwatt.

3. Analizorul de fenomene tranzitorii

Analizorul de fenomene tranzitorii are o utilizare din ce în ce mai largă, atît în domeniul proiectării transformatoarelor de înaltă tensiune, cît și la analizarea fenomenelor tranzitorii din rețele electrice de înaltă tensiune. De obicei fenomenele tranzitorii sînt studiate pe modele la scară redusă, dar în cazul transformatoarelor studiul este făcut și pe unități la mărime naturală.

Analizorul de fenomene tranzitorii indică direct soluția problemei sub forma unei curbe, pe ecranul unui oscilograf. Studiul este cu atît mai interesant și mai util, cu cît modificarea parametrilor modelului studiat este imediat observată pe ecranul oscilografului. În acest mod se economisește o cantitate de timp importantă, care altfel ar trebui consumată pentru executarea unor calcule analitice extrem de complicate. Singura grijă a cercetătorului este de a realiza modelul, după regulile similitudinii. Trebuie notat faptul că de multe ori nu se pot găsi soluții pe cale analitică, din cauza elementelor complexe ale schemei și că soluțiile rămîn a fi date fie de analizorul de fenomene tranzitorii, fie de mașinile de calcul digitale și analogice.

Aplicații la proiectarea transformatoarelor de înaltă tensiune. Una din problemele cele mai dificile la proiectarea transformatoarelor este determinarea repartiției tensiunii între spirele transformatorului, precum și determinarea tensiunii între oricare dintre punctele înfășurării și pămînt în regim tranzitoriu, după aplicarea unui impuls de tensiune. Aceste determinări sînt necesare în vederea dimensionării corecte și economice a izolațiilor în transformator.

Rezolvarea pe cale analitică a problemei este posibilă numai în ipoteza unor simplificări importante aduse schemei de calcul. Astfel se admite că inductanța pe unitatea de lungime este constantă de-a lungul înfășurării. Pentru a obține o imagine a complexității problemei, în relația (7) se indică soluția problemei, adică tensiunea față de pîmînt în funcție de x și l, la o înfășurare cu un capăt pus la pămînt, la celălalt capăt aplicîndu-se unda de impuls [11]:

$$u(x,t) = U_L \frac{\operatorname{sh} \gamma x}{\operatorname{sh} \gamma l} + \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{n=\infty} \Gamma_n \frac{\nu_n}{n} \sin \mu (l-x) \int_0^t U_L (t-\tau) \sin \nu_n \tau \, d\tau. \qquad (7)$$

În relația (7) s-a notat:

$$\Gamma_n = \gamma^2/(\gamma^2 + n^2\mu^2);$$

$$\nu_n = n\mu\rho/\sqrt{\gamma^2 + n^2\mu^2};\quad \gamma^2 = C/K;$$

$$\rho^2 = 1/KL;\quad \mu = \pi/l;$$

$n = 1, 2, 3 \ldots$, ordinul armonicei;
L — inductanța pe unitatea de lungime;
K — capacitatea longitudinală pe unitatea de lungime;
C — capacitatea transversală (față de pământ) pe unitatea de lungime;
l — lungimea înfășurării;
$U_L = u\ (l,\ t)$ — tensiunea de impuls aplicată la intrarea în bobină adică pentru $x = l$;
x — variabila de lungime;
t — variabila de timp.

Rezolvarea ecuației (7) este posibilă numai cînd $U_L = u\ (l,\ t)$ se poate scrie sub o formă

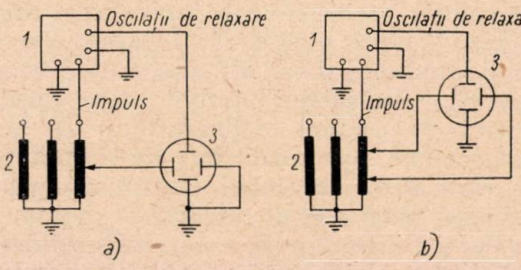


Fig. 6. Schema de principiu pentru determinarea gradientului de potențial:
a — măsurarea tensiunii față de pămînt; *b* — măsurarea tensiunii între bobine; *1* — generatorul de impulsuri repetate; *2* — transformator de putere; *3* — osciloscraf catodic.

integrabilă în intervalul *0, t* și după cum s-a precizat, pentru L constant de-a lungul lungimii înfășurării.

Obținerea soluției pentru situația reală cînd L nu este constant de-a lungul înfășurării este posibilă cu ajutorul schemelor principale indicate în fig. 6, *a*. Generatorul de impulsuri repetate *1* produce impulsuri normale 1/50 μs, cu frecvența de 50/s undă plină sau undă tăiată care se aplică unei înfășurări a transformatorului *2*. Osciliograful *3* înregistrează răspunsul la aplicarea acestei unde, adică tensiunea în orice punct al înfășurării. În fig. 6, *b*

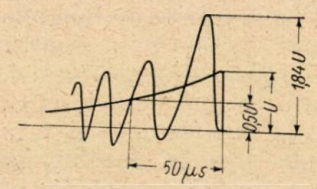


Fig. 7. Oscilația tensiunii punctului neutru izolat (*1*) la un transformator și unda incidentă (*2*) la aplicarea unui impuls tripolar.

se prezintă o problemă similară, adică aceea a cunoașterii tensiunii între bobinele sau spirele unei înfășurări supuse undei de impuls de tensiune.

În fig. 7 se indică unda de tensiune aplicată trifazat înfășurărilor unui transformator, cu neutrul izolat, precum și răspunsul în punctul neutru al transformatorului, ridicate cu o instalație a ICET. Oscilograma permite, în mod evident, a determina supratensiunea care intervine în punctul neutru izolat al unui transformator.

Folosirea analizorului de fenomene tranzitorii în scopul clarificării unor fenomene chiar pe modelul la scara 1 :1 este evidentă, dar mai evidentă este folosirea analizorului de fenomene tranzitorii pe un model redus la scară. În acest caz o grijă deosebită trebuie acordată la realizarea, după legile similitudinii, a modelului la scară redusă. Pentru realizarea modelului electromagnetic, pe care se studiază supratensiunile în transformatoare, în tabela 1 se indică coeficienții de proporționalitate între mărimile corespunzătoare ale modelului și originalului [12]. Obținerea sub formă fotografiată a răspunsului cu ajutorul modelului redus la scară rezolvă problema în mod economic. Astfel, dacă coeficientul de proporționalitate pentru lungimi este cuprins între 1/5 și 1/10, greutățile sînt reduse între 1/125 și 1/1000, iar costul modelului redus este mai mic de 1/1000 din costul originalului [13].

Tabela 1

Coeficienții de proporționalitate între mărimile corespunzătoare ale modelului și originalului, la realizarea unui model de transformator

Mărimea	Simbol	Factor de proporționalitate
Lungimea	l	p_l
Numărul de spire	z	p_z
Timpul	t	p_t
Inductanța pe spiră	L, M	p_l
Capacitatea	C', K'	$p_c = \dfrac{p_t^2}{p_l p_z^2}$
Tensiunea	u	$p_u = \dfrac{p_z p_l^2}{p_t}$
Curentul	i	$p_i = \dfrac{p_l}{p_z}$
Rezistența	R	$p_r = \dfrac{p_z^2 p_l}{p_t}$

Aplicații la determinarea tensiunii oscilante de revenire în rețelele electrice. Recomandările CEI nr. 56/1954 [14] stabilesc că puterea de rupere a unui întreruptor este determinată de:

— tensiunea de revenire la frecvența de serviciu;
— curentul de rupere simetric;
— curentul de rupere asimetric;
— factorul de oscilație γ și, fie pulsația ω_0 de oscilație, fie viteza de creștere a tensiunii oscilante de revenire $v = \hat{u}/(1/2\ f_0)$, așa cum se indică în fig. 8.

La instalarea unui întreruptor de înaltă tensiune în rețea este deci necesar a se cunoaște parametrii tensiunii oscilante de revenire în punctul de instalare. Dacă viteza de creștere

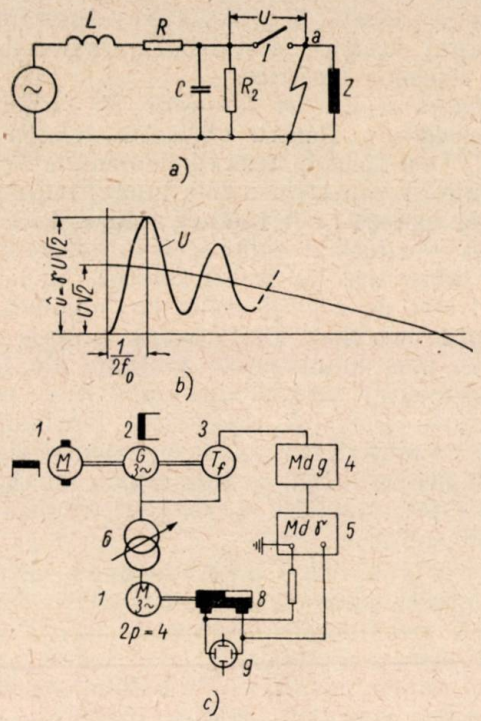


Fig. 8. Relativ la producerea tensiunii oscilante de revenire : *a* — schema de principiu ; *b* — oscilograma tensiunii de revenire la bornele întreruptorului *1* ; *c* — schema de principiu a analizorului de fenomene tranzitorii : *1* — motor de antrenare ; *2* — generator sincron 83 1/3 Hz ; *3* — transformator de frecvență (83 1/3)/250 Hz ; *4* — modelul generatorului ; *5* — modelul rețelei ; *6* — regulator de fază ; *7* — motor sincron ; *8* — scurtcircuitor ; *9* — oscilograf catodic.

a rigidității dielectrice a întreruptorului, după întreruperea unui scurtcircuit, este în permanență mai mare decît viteza de creștere a tensiunii oscilante de revenire, nu se va produce o reamorsare a arcului electric în camera de stingere.

În fig. 8 s-a indicat schema de principiu a rețelei și oscilograma tensiunii oscilante de revenire. În ipoteza că întreruperea arcului electric are loc la trecerea prin zero a curentului de scurtcircuit și că în acest moment tensiunea care alimentează scurtcircuitul este $U\sqrt{2}$, considerată ca tensiune în curent continuu, tensiunea oscilantă u de revenire la bornele întreruptorului este de forma :

$$u = \frac{R}{R_1 + R_2}\left[1 - e^{-\delta t}\left(\cos \omega_e t + \frac{\delta}{\omega_e}\sin \omega_e t\right)\right] \cdot U. \tag{8}$$

În relația (8) s-a notat :

$$\delta = \frac{L + R_1 R_2 C}{2\, LCR_2}\,;\quad \omega_0^2 = \frac{R_1 + R_2}{LCR_2}\,;\quad \omega_e = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$$

R_1, R_2, L, C — parametrii echivalenți ai rețelei electrice.

Analizorul de fenomene tranzitorii permite obținerea pe ecranul unui oscilograf a curbei tensiunii oscilante de revenire, dată de relația (8), cu ajutorul schemei de principiu din fig. 8, *c* [9]. Scurtcircuitul în rețea este produs și întrerupt periodic de scurtcircuitorul *8*. Tensiunea de alimentare a motorului sincron *7*, la frecvența 83 1/3 Hz, este reglată ca fază de regulatorul de fază *6*. Transformatorul de frecvență *3* transformă frecvența 83 1/3 Hz în 250 Hz, care este frecvența de lucru a modelului de rețea. Din numărul de poli ($2p = 4$) al motorului sincron *7* și frecvența 250 Hz a modelului de rețea rezultă că curentul de scurtcircuit este ridicat la fiecare 6 semiperioade. Procesul tranzitoriu de stabilire a tensiunii de revenire este înregistrat cu ajutorul oscilografului *9*.

Întreruptorul mecanic *8* poate fi înlocuit cu 2 tuburi tiratron, în conexiune antiparalel [15]. Comanda de zăvorîre a unui tub paralel echivalează cu ridicarea scurtcircuitului. Apariția tensiunii oscilante de revenire se produce la trecerea prin zero a curentului prin tubul tiratron. Avantajele întreruptorului cu tiratroni asupra întreruptorului mecanic sînt : executarea unei sincronizări cu o precizie de microsecunde și posibilitatea de a avea curenți de scurtcircuit mai mari.

Modelul de rețea *5* este un model „dinamic", în care reproducerea elementelor rețelei se face cu cuadripoli echivalenți cu elemente de impedanță etc., așa cum s-a indicat la modelul de rețea în curent alternativ. O atenție deosebită trebuie dată reproducerii amortizării, căci numai în acest caz sînt utile măsurătorile asupra factorului de amplitudine făcute cu ajutorul analizorului.

Aplicație la studiul protecției stațiilor de înaltă tensiune contra supratensiunilor atmosferice. Analizorul pentru protecția împotriva supratensiunilor atmosferice în stații reprezintă o instalație de calcul, cu ajutorul căreia se cercetează regimul tranzitoriu al supratensiunilor atmosferice în sistemele energetice complexe. Din punct de vedere funcțional acest analizor se aseamănă mult cu analizorul folosit pentru proiectarea transformatoarelor de înaltă tensiune. În adevăr, instalația de calcul se compune din modelul rețelei, generatorul de impulsuri repetate și oscilograful catodic, pe ecranul căruia apare înregistrată soluția problemei. Un astfel de analizor a fost realizat în laboratorul Gorev din Institutul Politehnic din Leningrad de către cercetătorul I. F. Polovoi [4]. În model se reprezintă fiecare element al rețelei reale, în următoarele condiții :

— Liniile lungi se reprezintă printr-o rezistență egală cu impedanța lor caracteristică.

— Transformatoarele se reprezintă numai prin capacitatea lor de impuls.

— Derivațiile scurte ale conductoarelor, între 10 și 20 m, pot fi înlocuite cu capacități concentrate, egale cu capacitatea acestor derivații față de pămînt.

— Conductoarele de lungime finită, cu constante uniform distribuite, se reprezintă prin cuadripoli echivalenți.

— În schema echivalentă se modelează și descărcătoarele cu tensiune de amorsare corespunzătoare și rezistența variabilă corespunzătoare.

Coeficienții de proporționalitate între mărimile corespunzătoare din model și original sînt indicați în tabela 2.

Tabela 2

Coeficienții de proporționalitate între mărimile corespunzătoare din model și original, la analizorul de supratensiuni

Mărimea	Simbol în original	Simbol în model	Coeficient de proporționalitate
Tensiunea	u	u_1	p_u
Curentul	i	i_1	p_i
Rezistența	R	R_1	$p_R = \frac{p_u}{p_i}$
Timpul	t	t_1	p_t
Inductanța	L	L_1	$p_L = \frac{p_u p_t}{p_i}$
Capacitatea	C	C_1	$p_C = \frac{p_i p_t}{p_u}$

La acest analizor un exemplu interesant de modelare îl oferă descărcătorul cu rezistență variabilă. Astfel, caracteristica volt-amper a descărcătorului în original este dată de funcția :

$$u = A\, i^{\alpha} \qquad (9)$$

unde A și α sînt constante .

Pentru model este valabilă relația :

$$u_1 = p_u\, u = p_u\, A \left(\frac{i_1}{a}\right)^{\alpha} = \frac{p_u}{a^{\alpha}} A\, i_1^{\alpha} = A_1\, i_1^{\alpha}. \qquad (10)$$

Relația (10) arată că valoarea exponentului α de neliniaritate se conservă și la model.

Cu ajutorul analizorului s-a studiat în U.R.S.S. eficacitatea protecției contra supratensiunilor atmosferice la un număr mare de stații cu tensiuni nominale cuprinse între 35 și 400 kV. S-au stabilit astfel punctele cele mai indicate în schema pentru așezarea aparatelor de protecție împotriva supratensiunilor precum și principiile de protecție pentru stațiile electrice. Rezolvarea problemei pe cale analitică, pe lîngă că este laborioasă, nu oferă posibilități practice de rezolvare decît pentru situații mai simple. Analizorul permite rezolvarea rapidă a problemei, posibilitatea de a modifica schema de protecție și a constata imediat efectele acestei modificări.

4. Calculatoarele analogice și digitale

Mașinile de calculat analogice și digitale își găsesc aplicație la proiectarea transformatoarelor de înaltă tensiune și mare putere, care sînt tratate ca unicate, la proiectarea seriilor unitare de mașini electrice și transformatoare, la calculul rețelelor electrice.

Calculul repartiției tensiunii de impuls, la transformatoare. Pentru obținerea relației analitice [7] s-a făcut ipoteza că elementele L, C, K sînt uniform repartizate de-a lungul înfășurării. Această ipoteză ar fi valabilă numai dacă înfășurarea transformatorului ar fi infinit de lungă. La o înfășurare de transformator, unde diametrul este de același ordin cu lungimea, inductanța cumulată (inductanța proprie unui element plus inductanțele mutuale ale celorlalte elemente) variază apreciabil de-a lungul înfășurării. Calculul repartiției tensiunii de impuls cu ajutorul mașinilor de calculat digitale și analogice permite a se ține seama de variația inductanței cumulate a elementelor de-a lungul înfășurării.

Formularea problemei. Punerea în ecuație a fenomenelor este posibilă, dacă se acceptă următoarele ipoteze de calcul [16]:

— Înfășurarea este omogenă și se descompune într-un număr par ($2\ m$) de bobine elementare (elemente), care sînt identice între ele, ca în fig. 9, *a*.

— Fiecare din aceste elemente posedă o capacitate K față de pămînt și o capacitate C

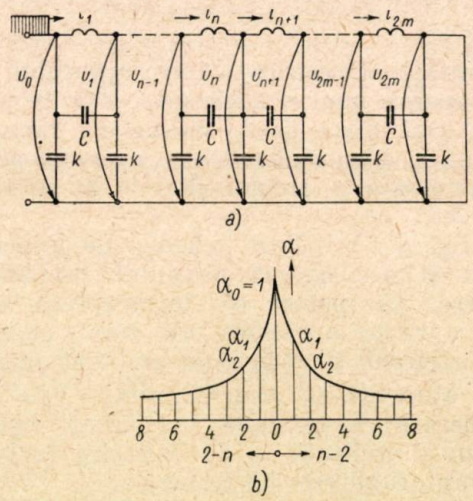


Fig. 9. Relativ la calculul repartiției tensiunii la încercarea de impuls a transformatorului :
a — schema de calcul al înfășurării descompusă în 2 *m* elemente; *b* — funcția care cumulează coeficienții de inducție proprie și mutuală.

față de elementele vecine. Pentru simplificarea calculelor se exprimă K în funcție de C, adică $K = a\,C$.

— Dacă se notează cu n și q două elemente oarecare din cele $2\ m$ elemente, inductanța

proprie (pentru $n - q = 0$) și inductanța mutuală (pentru $n - q \neq 0$) sînt definite de o singură funcție, din fig. 9, *b*. Notînd cu l inductanța proprie a unui element, inductanța cumulată este $\alpha_{n-q} \cdot l$, în care α_{n-q} este dat în fig. 9, *b*.

— Se neglijează amortizarea datorită rezistenței înfășurării.

— Se admite că unda de impuls este rectangulară de amplitudine U și de durată infinită. Din această cauză corespondența între teorie și înregistrarea oscilografică practică trebuie căutată numai pentru un timp scurt, scurs de la aplicarea impulsului.

Din analiza și notațiile fig. 9, *a* se scriu ecuațiile diferențiale pentru tensiuni și curenți:

$$u_{n-1} - u_n = l \sum_{q=1}^{q=2m} \alpha_{(n-q)} \cdot \frac{\mathrm{d}i_q}{\mathrm{d}t} \text{ pentru } 1 \leqslant n \leqslant 2m \quad (11)$$

$$i_n - i_{n+1} + C\left(\frac{\mathrm{d}u_{n-1}}{\mathrm{d}t} - 2\frac{\mathrm{d}u_n}{\mathrm{d}t} + \right.$$

$$\left. + \frac{\mathrm{d}u_{n+1}}{\mathrm{d}t}\right) - a\ C \frac{\mathrm{d}u_n}{\mathrm{d}t} = 0 \quad (12)$$

$$\text{pentru } 1 \leqslant n \leqslant 2\ m - 1$$

Condițiile la limită pentru ecuațiile (11) și (12) sînt: $u_0 = U = \text{const.}$ și $u_{2m} = 0$. În acest mod se obțin $2m$ ecuații de tipul (11) și $2m - 1$ ecuații de tipul (12). Pentru $t = 0$ curenții i_n și derivata $\mathrm{d}u/\mathrm{d}t = 0$.

Rezolvarea ecuațiilor (11) și (12) se face folosind regulile algebrice matriciale, mașina de calculat digitală pentru calculul coeficienților ecuațiilor diferențiale și mașina analogică pentru rezolvarea sistemului de ecuații diferențiale.

Practic interesează valorile pentru tensiunile u_n, față de pămînt, pentru fiecare element.

Calculul seriilor unitare de mașini electrice. Determinarea soluției optime în proiectarea mașinilor electrice se face în mod normal prin încercări și depinde de experiența și intuiția proiectantului.

Cercetătorii sovietici Soroker și Kagan [5] au dezvoltat o metodă de calcul cu ajutorul mașinilor digitale pentru calculul seriilor unitare de mașini electrice. În cele ce urmează se vor descrie pe scurt lucrările cercetătorilor sovietici menționați.

Formularea problemei. Problema trebuie astfel pusă, încît să fie folosite toate posibilitățile de calcul și logice ale mașinii. Mașina trece automat și după o regulă de la o variantă calculată la alta, compară aceste variante după criterii de optimare, acumulează și înscrie datele celei mai bune variante. Drept criterii se iau cheltuiala totală C pe motor inclusiv costul C_b de fabricație al motorului și cheltuielile de transformare a energiei electrice în energie mecanică. Varianta optimă se determină ținînd seama de valorile limită pentru cuplul maxim M_m, supratemperatura admisibilă θ_c a înfășurării statorice, și de factorul de putere $\cos \varphi$.

Dacă se cunosc:

D_a — diametrul exterior al statorului; D_i — diametrul interior al statorului; B_d — inducția în întrefier; N — numărul de conductoare în crestătură, formularea problemei, din punct de vedere matematic, este de a găsi un minim pentru funcțiile: $C = F(D_a, D_i, B_d, N)$ sau $C_b = F_b\ (D_a, D_i, B_d, N)$ (13), (14) cu observarea condițiilor limită:

$$M_m = f_1(D_a, D_i, B_d, N) \geqslant M_{m\,max}$$

$$\theta_c = f_2(D_a, D_i, B_d, N) \leqslant \theta_{c\,max}$$

$$\cos \varphi = f_3(D_a, D_i, B_d, N) \geqslant \cos \varphi_{max}$$

Pentru rezolvare se cere a se găsi o metodă de stabilire a variantei optime și a schemei logice a programului de lucru.

Exemplele de folosire a mașinilor de calcul în tehnica curenților tari, așa cum au fost prezentate, constituie numai o mică parte din posibilitățile de aplicare a mașinilor de calcul în această tehnică. S-au expus numai problemele cu care autorul a avut o contingență directă, fie sub forma unor realizări (baie electrolitică, analizorul de fenomene tranzitorii), fie sub forma unor studii ce au fost făcute în cadrul Institutului de Cercetări Electrotehnice.

În afară de aplicațiile expuse, mașinile de calcul analogice și digitale își găsesc o largă utilizare în calculul rețelelor electrice, și anume: calculul repartiției optime a sarcinilor într-o rețea de înaltă tensiune, calculul curenților de scurtcircuit, calculul liniilor de înaltă tensiune.

Folosirea auxiliarelor de calcul sub formele cele mai variate contribuie la rezolvarea rapidă și optimă din punct de vedere economic a multiplelor probleme din tehnica curenților tari. Cunoașterea, aplicarea și dezvoltarea acestor auxiliare de calcul în domeniul electrotehnicii constituie o necesitate în vederea stabilirii unui nivel științific și tehnologic avansat.

Bibliografie

[1] *Kostenko, M. P.*: Model electrodinamic pentru studiul stabilității, Electricestvo **71** (1950) 9.

[2] *Karasev, V. A.*: Modelarea cîmpului magnetic rotațional, Electricestvo **70** (1949) 5.

[3] *Venikov, V. A., Ivanov-Smolenski A. V.*: Generator sincron pentru modelele dinamice ale sistemelor electrice, Electricestvo **71** (1951) 8.

[4] *Polovoi, I. F.*: Analizor pentru protecția stațiilor de înaltă tensiune, Laboratorul Gorev de la Institutul Politehnic Leningrad.

[5] *Soroker, T. G., Kagan, B. M.*: Folosirea mașinilor de calculat cifrice la calculul seriilor unitare de mașini electrice, Vest. Elektroprom. **29** (1958) 9, p. 17—25.

[6] * * *: Problemele modelării electrice, Edit. Acad. R.P.R. 1953.

[7] *Mc. Donald, D.*, : The Electrolytic Analogy în the Design of Hight Tension Voltage Power Transformers. Proc. IEE **100** (1953) p. II, 145—166.

[8] *Renz, H.* : Netzmodelle und programmgesteuerte Rechenmaschinen als Hilfsmittel der Netzplanung. AEG-Mitt. **49** (1959) 4—5, 220—228.

[9] *Bretschneider, G.* : Die Messung der widerkehrenden Spannung mit Hilfe des Netzmodelles. M. V. /Köln u. Opladen, 1956.

[10] *Funk, G.* : Das Wechselstrom-Netzmodell für Hitachi, Japan AEG-Mitt, **49** (1959) 2—3,79—86.

[11] *Hochrainer, A.* : Die Spannungsverteilung in einem Transformator bei beliebiger Form der Stoss-Spannung, ETZ **74** (1953) 5, 153—155.

[12] *Heller, B., Verecka, A.* : Die Modelltheorie der Stosserscheinungen in Transformatoren. E. u. M. **74** (1957) 11, 248—252.

[13] *Abetti, P.* : Méthodes pour l'étude des tensions anormales dans les transformateurs. Bull. sci. AIM **70** (1957), 851—904.

[14] . * . Règles de la CEI pour les disjoncteurs à courant alternatif. Publ. **56** CEI Genève, 1954.

[15] *Kriechbaum, K.* : Über die Messung der Einschwingspannung im Netzanalisator. ETZ A **80** (1959) 7, 193—196.

[16] *Waldvogel, P., Rouxel, R.* : Prédétermination par le calcul des contraintes électriques d'un enroulement soumis à une tension de choc. CIGRÉ Paris, 1956, Rap. nr. 125.

Intrat în redacție la 21 ianuarie 1960.

Asupra proiectării optime a motoarelor asincrone cu rotorul în dublă colivie

Constantin Răduț * — București

După ce se amintesc pe scurt principiile de calcul care stau la baza proiectării motoarelor în dublă colivie, se expune o metodă de proiectare care are ca scop obținerea de performanțe tehnice optime concomitent cu un preț de cost redus. Se dă ca exemplu un motor de 75 kW cu un cuplu foarte mare de pornire, care a fost executat la Uzinele „Klement Gottwald" din București și a dat la încercări rezultatele prevăzute de calcule.

CZ 621.313.333.2.001.13

După ce se amintesc pe scurt principiile care stau la baza proiectării motoarelor cu dublă colivie, pornind de la reprezentarea lor generală ca transformatoare cu trei înfășurări și se indică o metodă industrială de dimensionare, se trece la studiul variației parametrilor dublei colivii, stabilindu-se ce se poate obține de la un motor, ca performanțe și în ce condiții.

În final sînt prezentate rezultatele obținute la proiectarea și executarea motorului cu cuplu mărit de 75 kW, 1 000 rot/min, în întreprinderea „Klement Gottwald".

1. Considerații generale

Proiectarea motoarelor cu rotoare avînd colivii cu refulare de curent este tratată pe larg în literatura de specialitate. Problema care se pune însă proiectantului industrial este nu numai simpla proiectare, ci și de a analiza ce se poate „stoarce" de la un motor, prin alegerea optimă a parametrilor dublei colivii, în ceea ce privește caracteristicile de pornire și funcționare. Acest lucru se face obișnuit prin repetate încercări. Cum calculul unui motor în dublă colivie este destul de laborios, ne putem imagina cît de obositor și lung devine un calcul pentru diferite variante. O metodă de calcul care să evite asemenea încercări, sau mai corect spus să le reducă, este arătată în [3]. Aici însă tratarea problemei se face indirect, folosind pe larg inversiunea. Din această cauză metoda nu mai este sugestivă, intervin unele complicații și se introduc parametri suplimentari.

În prezenta lucrare este evitată inversiunea, ajungîndu-se totuși la situații și relații simple.

Calculul unui motor în dublă colivie se va începe efectuîndu-se dimensionarea unui motor în simplă colivie, care să răspundă unor condiții de funcționare cu puțin superioare celor impuse prin temă, din punctul de vedere al factorului de putere și al momentului maxim. Acest prim calcul, în afară de faptul că ne va da o imagine asupra gabaritului motorului, va furniza primele date necesare calculului motorului cu dublă colivie.

2. Schemele echivalente și diagrama curentului la motoarele cu dublă colivie

Pentru fixarea noțiunilor vom expune sumar schemele echivalente cunoscute ale motorului cu dublă colivie. Schema generală se deduce cel mai simplu considerînd motorul cu dublă colivie un transformator cu trei înfășurări, la care vom considera :

— înfășurarea statorului drept înfășurare primară ;

— înfășurarea coliviei de pornire drept înfășurare secundară ;

— înfășurarea coliviei de funcționare drept înfășurare terțiară.

* Ing. *C. Răduț* este inginer proiectant principal la Fabrica de mașini electrice „Klement Gottwald".

În această ordine le vom afecta indicii 1,2,3. Amintim că teoria generală a mașinii asincrone-transformator se deosebește de teoria transformatorului obișnuit prin aceea că transformatorul rotativ are în primarul-stator frecvența f_1 (frecvența rețelei), iar în secundarul-rotor frecvența $f_2 = s.f_1$, în care s este alunecarea.

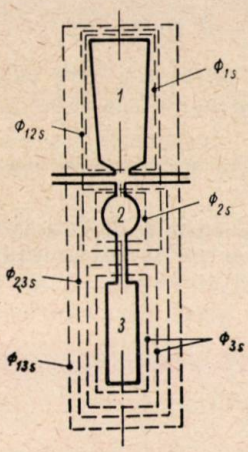


Fig. 1. Fluxurile de scăpări în motorul cu dublă colivie.

În figura 1 s-au indicat fluxurile de scăpări în motorul cu dublă colivie : Φ_{1s}, Φ_{2s}, Φ_{3s} sînt fluxurile de scăpări proprii, care îmbrățișează fiecare din cele trei înfășurări în parte, iar Φ_{12s}, Φ_{13s} și Φ_{23s} sînt fluxurile de scăpări înlănțuite, care îmbrățișează și înfășurările vecine. Pentru acest transformator cu trei înfășurări se pot scrie ecuațiile de funcționare obișnuite. Dacă facem observația că :

$$\bar{U}_2 = \bar{U}_3 = 0$$

$$L_{12s} = L_{21s} = 0 \quad L_{13s} = L_{31s} = 0 \quad L_{23s} = L_{32s}$$

$$\bar{I}_1 + \bar{I}'_2 + \bar{I}'_3 = 0$$

$$\omega_2 = \omega_3 = s.\omega_1$$

și notăm : $\bar{I}'_2 + \bar{I}'_3 = \bar{I}'_r$, se obțin ecuațiile :

$$(R_1 + jX_1)\bar{I}_1 + (R_\mu + jX_\mu)\bar{I}_0 = \bar{U}_1$$

$$\left(\frac{R_2}{s} + j\,X_2\right)\bar{I}'_2 + jX_{23}.\bar{I}'_r + (R_\mu + jX_\mu)\bar{I}_0 = 0 \quad (1)$$

$$\left(\frac{R_3}{s} + j\,X_3\right)\bar{I}'_3 + jX_{23}.\bar{I}'_r + (R_\mu + jX_\mu)\bar{I}_0 = 0$$

respectiv schema echivalentă din fig. 2.

Toate rezistențele rotorice sînt raportate la stator (pentru simplitate nu li s-a pus accent). Pentru a construi mai ușor locul geometric al

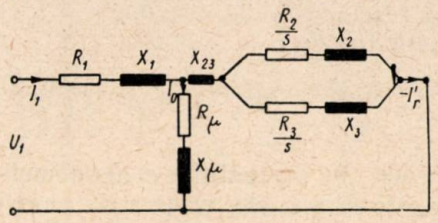


Fig. 2. Schema echivalentă a mașinii asincrone cu dublă colivie.

curentului (diagrama cercului), scoatem la borne circuitul de magnetizare, aplicînd regulile generale [1] :

a. În circuitul principal, termenilor din stînga circuitului de scos la borne li se afectează, σ_1, iar celor din dreapta σ_1^2, în care :

$$\sigma_1 = 1 + \frac{\text{impedanța din stînga circuitului}}{\text{impedanța proprie a circuitului de scos la borne}} = 1 + \frac{Z_1}{Z_\mu}$$

b. Impedanța circuitului scos la borne este egală cu impedanța din stînga plus impedanța proprie : $Z'_\mu = Z_1 + Z_\mu$.

Dacă se înlocuiesc și cele două impedanțe rotorice în paralel, printr-o impedanță echivalentă Z_e, se obține schema din fig. 3.

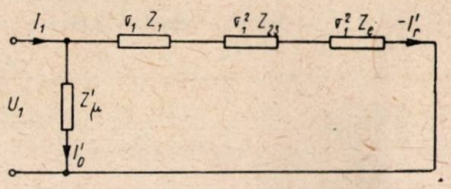


Fig. 3. Schema echivalentă a mașinii cu dublă colivie, cu circuitul de magnetizare scos la borne.

Din fig. 2 și 3 rezultă :

$$Z_e = \frac{Z_2 \cdot Z_3}{Z_2 + Z_3} = \frac{\left(\frac{R_2}{s} + jX_2\right)\left(\frac{R_3}{s} + jX_3\right)}{(R_2 + R_3)\frac{1}{s} + j\,(X_2 + X_3)} =$$

$$= \frac{1}{s}\,R_e + jX_e \quad (2)$$

Atît R_e cît și X_e sînt funcțiuni de alunecare. Făcînd calculele, se obțin expresiile :

$$R_{e(s)} = \frac{R_2^2 \cdot R_3 + R_3^2 \cdot R_2 + s^2(X_2^2 \cdot R_3 + X_3^2 \cdot R_2)}{(R_2 + R_3)^2 + s^2\,(X_2 + X_3)^2}$$

$$X_{e(s)} = \frac{s^2(X_2^2 \cdot X_3 + X_3^2 \cdot X_2) + R_2^2 \cdot X_3 + R_3^2 \cdot X_2}{(R_2 + R_3)^2 + s^2\,(X_2 + X_3)^2} \quad (3)$$

Observăm că în relațiile (3), R_e are la numitor s^2 ; în schema echivalentă din fig. 3, $Z_e = \frac{R_e}{s} + X_e$ și scriind expresia curentului I_1, vom avea termeni în s^2 și s^3. Din acest motiv, la variația alunecării de la $s = 0$ la $s = \infty$, vectorul curentului I_1 nu mai descrie un simplu cerc, ci o curbă mai complicată.

Pentru a putea trasa comod această curbă, folosim cele două cazuri limită :

a) Cazul $s \approx 0$. Întrucît pînă la cuplul de răsturnare alunecarea nu depășește valoarea 0,15 — 0,2, se poate considera pentru regimul de funcționare $s = 0$. În acest caz expresiile (3) devin, la neglijarea termenilor în s^2 :

$$R_{e0} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}$$

$$X_{e0} = \frac{R_2^2 \cdot X_3 + R_3^2 \cdot X_2}{(R_2 + R_3)^2} \approx \left(\frac{R_2}{R_2 + R_3}\right)^2 X_3 \quad (4)$$

fiindcă X_2 este mic în raport cu X_3, iar R_3 mic în raport cu R_2.

Expresiile (4) nu mai sînt funcții de alunecare și atunci schema echivalentă din fig. 3 se transformă într-o schemă echivalentă de motor normal, la care în circuitul rotoric apare și X_{e0} în plus față de motorul normal (fig. 4).

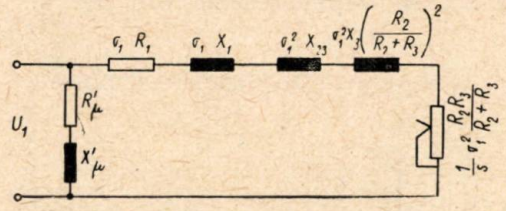


Fig. 4. Schema echivalentă a mașinii cu dublă colivie pentru alunecări mici.

Curentul din circuitul principal descrie un cerc, la s variabil, cu diametrul :

$$D_{cf} = \frac{U_1}{\sigma_1 \cdot X_1 + \sigma_1^2 \cdot X_{23} + \sigma_1^2 \cdot X_3 \left(\frac{R_2}{R_2 + R_3}\right)^2} = \frac{U_1}{\sigma_1 \cdot X_1 + \sigma_1^2 \cdot X_{23} + \sigma_1^2 \cdot X_{e0}} \qquad (5)$$

care este cercul de funcționare C_f (fig. 6), pe care se determină toate caracteristicile de lucru (cos φ, η, M_{max}). Față de un motor obișnuit, D_{cf} din relația (5) este mai mic și, cum curentul de magnetizare nu se schimbă, rezultă că la motorul în dublă colivie cos φ și M_{max} sînt mai mici decît la motorul normal, ceea ce justifică faptul că primul calcul al motorului în simplă colivie trebuie efectuat cu parametri de funcționare ceva mai mari.

b) C a z u l $s = 1$. Din expresiile (3) la $s = 1$ și $R_3 = 0$, $X_2 \approx 0$ rezultă :

$$R_{e1} = \frac{X_3^2 \cdot R_2}{R_2^2 + X_3^2} \qquad X_{e1} = \frac{R_2^2 \cdot X_3}{R_2^2 + X_3^2} \qquad (6)$$

În schema echivalentă apar două circuite în paralel $\sigma_1^2 \cdot X_3$ și $\sigma_1^2 \frac{R_2}{S}$. Scoatem la borne circuitul $\sigma_1^2 \cdot X_3$, după regula enunțată și ob-

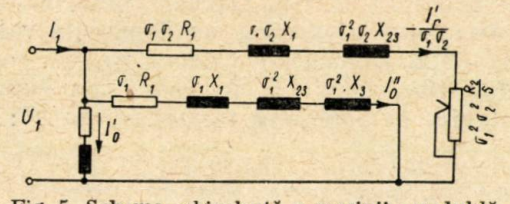


Fig. 5. Schema echivalentă a mașinii cu dublă colivie, pentru $s=1$, cu circuitul X_3 scos la borne.

ținem schema echivalentă din fig. 5, în care :

$$\sigma_2 = 1 + \frac{\sigma_1 \cdot R_1 + \sigma_1 \cdot X_1 + \sigma_1^2 \cdot X_{23}}{\sigma_1^2 \cdot X_3}$$

Locul geometric al curentului din circuitul principal al schemei din fig. 5 este un cerc cu diametrul :

$$D_{cp} = \frac{U_1}{\sigma_1 \cdot \sigma_2 \cdot X_1 + \sigma_1^2 \cdot \sigma_2 \cdot X_{23}} \qquad (7)$$

care se numește cercul de pornire și care este deplasat la dreapta față de cercul de funcționare (fig. 6), cu mărimea curentului I_0'', corespunzător noului circuit de magnetizare scos la borne.

Să admitem că reactanța coliviei de funcționare lipsește ($X_3 = 0$), ceea ce ar corespunde situației că cele două colivii în paralel ar fi unite într-una singură. În acest caz, expresia (5) devine :

$$D_c = \frac{U_1}{\sigma_1 \cdot X_1 + \sigma_1^2 \cdot X_{23}} \qquad (8)$$

corespunzător cercului C (fig. 6) al unui motor obișnuit, de la care s-a plecat. Acest cerc are două puncte comune ($s = 0$ și $s = \infty$) cu celelalte două cercuri care alcătuiesc împreună

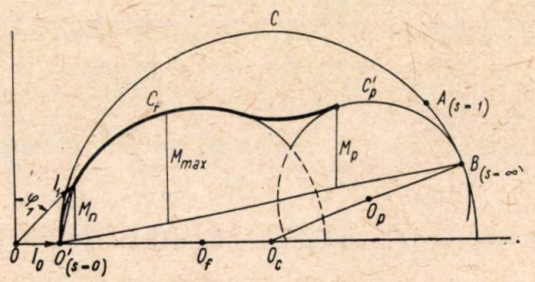


Fig. 6. Diagrama curentului la motorul în dublă colivie.

locul geometric al curentului motorului cu dublă colivie. Caracteristica curentului între cercurile C_f și C_p poate fi obținută prin puncte.

Revenind la expresiile (4) și (6) ale rezistențelor și reactanțelor la $s \approx 0$ și $s = 1$, observăm că există relația :

$$\left(X_{e1} - \frac{X_{e0}}{2}\right)^2 + (R_{e1} - R_{e0})^2 = \left(\frac{X_{e0}}{2}\right)^2 \cdot \qquad (9)$$

Expresia (9) reprezintă ecuația unui cerc în coordonate carteziene, cu centrul cercului avînd coordonatele $\frac{X_{e0}}{2}$ și R_{e0}, iar raza egală cu $\frac{X_{e0}}{2}$ care este numit „cercul rezistențelor".

3. Dimensionarea dublei colivii

Se începe, așa cum am mai afirmat, cu dimensionarea motorului asincron normal, ceea ce presupune că am calculat R_1, X_1, r_2' și x_2', acestea din urmă fiind rezistența și reactanța unei colivii normale. Ele sînt :

$$r_2' = R_{e0} \qquad x_2' = X_{e0}$$

în care R_{e0} și X_{e0} sînt rezistența și reactanța din schema cercului de funcționare ($s \approx 0$).

Ca necunoscute apar R_2, R_3 și X_3, de a căror valoare depind toate caracteristicile motorului. Mai jos vom da o metodă grafică pentru determinarea acestor mărimi, pornind de la condițiile de funcționare și pornire impuse prin temă.

A respecta condițiile de funcționare înseamnă a respecta M_{max}, $\cos\varphi$ și randamentul din tema de proiectare. În ceea ce privește condițiile de pornire se cer respectate rapoartele $\frac{M_p}{M_n}$ și $\frac{I_p}{I_n}$. Acestea depind de parametrii R_2, R_3 și X_3. Este evident însă, că variația acestor parametri atrage după sine modificarea cercului de funcționare (relația 5) și, implicit, modificarea condițiilor de funcționare (M_{max}, $\cos\varphi$). Cu alte cuvinte, am putea obține caracteristicile de pornire dorite, dar ar putea rezulta caracteristici de sarcină nesatisfăcătoare.

Rezultă deci necesitatea de a pune condiția ca să avem o astfel de variație a parametrilor R_2, R_3 și X_3 pentru obținerea caracteristicilor de pornire dorite, încît cercul de funcționare să păstreze o valoare constantă, care să asigure caracteristicile de funcționare prescrise. Pentru ca diametrul cercului de funcționare să rămînă constant (relația 5), este suficientă condiția:

$$X_{e0} = \left(\frac{R_2}{R_2 + R_3}\right)^2 \cdot X_3 = \text{const.} \qquad (10)$$

Condiția păstrării randamentului înseamnă în fond ca pierderile în rotor, care sînt proporționale cu rezistența rotorului la funcționare (R_{e0}), să rămînă constante, adică:

$$R_{e0} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = \text{const.} \qquad (11)$$

Pentru a obține expresii mai comode, vom folosi în cele ce urmează raportul:

$$u = \frac{\text{Rezistența coliviei de pornire}}{\text{Rezistența coliviei de funcționare}} = \frac{R_2}{R_3}.$$

Ținînd seamă și de relațiile (4), se obțin expresiile:

$$\begin{aligned} R_2 &= R_{eo}(1 + u) \\ R_3 &= R_{eo}\left(1 + \frac{1}{u}\right) \\ X_3 &= X_{eo}\left(1 + \frac{1}{u}\right) \end{aligned} \qquad (12)$$

Cum R_{e0} și X_{e0} trebuie să rămînă constante, am reușit cu notația de mai sus să exprimăm cei trei parametri în funcție numai de o singură variabilă — u. Determinarea condițiilor de pornire se poate face prin studierea variației raportului u.

Considerăm rotorul calat; cînd u va trece prin toate valorile de la 0 la ∞, vectorul curentului de scurtcircuit va descrie un loc geometric oarecare.

Dacă $u = 0$, avem: $R_2 = R_{e0}$; $R_3 = \infty$ și $X_3 = \infty$. Este ca și cum colivia de funcționare ar fi net întreruptă, iar rezistența coliviei

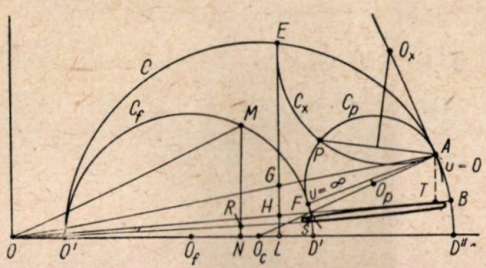


Fig. 7. Diagrama curentului la variația raportului.

de pornire ar fi egală cu rezistența rotorică a unui motor asincron cu colivie simplă, adică ne găsim în punctul A, al cercului C (fig. 7).

Dacă $u = \infty$, avem: $R_2 = \infty$, $R_3 = R_{e0}$ și $X_3 = X_{eo}$. Este ca și cum colivia de pornire ar fi întreruptă, iar colivia de funcționare ar avea parametrii corespunzători unui motor funcționînd la alunecări mici, adică ne găsim în punctul F, pe cercul de funcționare (fig. 7).

Cînd u trece prin celelalte valori între 0 și ∞, curentul de scurtcircuit descrie cercul C_p', tangent cercului C în A și cercului C_f în F. Punctul F poate fi considerat punctul de scurtcircuit al cercului C_f. Centrul O_p al cercului C_p' se află la intersecția dreptei $\overline{AO_c}$, cu perpendiculara coborîtă din mijlocul dreptei $\overline{AF}$.

Determinarea parametrilor dublei colivii (fig 7). Dacă vom duce cercurile C, conform relației (8) și C_f, în așa fel încît să avem asigurat $\cos\varphi$ și M_{max}, putem construi cercul C_p', locul geometric al curentului de scurtcircuit. Pe acest cerc ne alegem un punct P, care să satisfacă în totalitate condițiile de pornire (M_p și I_p). Acestui punct îi corespunde un anumit u. Vom da mai jos o metodă pentru determinarea lui u, care, odată găsit, ne dă toți parametrii dublei colivii, prin relațiile (12).

Se duce cercul C_x (fig. 7) prin A și P, determinîndu-i centrul O_x prin intersecția tangentei dusă la C în A, cu perpendiculara dusă în mijlocul coardei AP. Cercul C_x taie pe C în E. (Cercul C_x are și o semnificație fizică: dacă rotorul este calat și presupunem că variază numai reactanța coliviei de funcționare de la $X_3 = 0$ la $X_3 = \infty$, vectorul curentului descrie arcul de cerc C_x, din A ($X_3 = 0$) pînă în E ($X_3 = \infty$). Punctul E corespunde celei mai ridicate rezistențe a circuitului rotoric.

Se unesc punctele A și B cu 0 și se coboară perpendiculara EL, determinînd intersecțiile G și H.

Segmentul HL este proporțional, ca la orice motor asincron, cu R_1. Deoarece punctul E corespunde lui $X_3 = \infty$, cînd colivia de funcționare este întreruptă avînd de fapt un motor normal, cu rezistența secundară egală cu a coliviei de pornire, înseamnă că segmentul EH reprezintă pe R_2. Segmentul GH este proporțional cu rezistența rotorică la funcționare R_{e0}. Scriem aceste proporționalități:

$$HL = K \cdot R_1$$

$$EH = K \cdot R_2$$

$$GH = K \cdot R_{e0} = K \cdot \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}.$$

De aici rezultă:

$$EG = EH - GH = K \cdot R_2 - K \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = K \frac{R_2^2}{R_2 + R_3}.$$

Facem raportul:

$$\frac{EG}{GH} = \frac{K \dfrac{R_2^2}{R_2 + R_3}}{K \dfrac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}} = \frac{R_2}{R_3} = u.$$

Găsirea lui A și B, trasarea lui C_f ca să corespundă cos φ și M_{max} sînt simple chestiuni de tehnică a proiectării. Mai importantă ni se pare stabilirea locului geometric al cuplurilor nule (care nu mai este dreapta OB).

Trebuie stabilită mai întîi dreapta cuplurilor pentru cercul C_f. Pentru aceasta luăm pe C_f punctul arbitrar M și găsim, la scara curenților, curentul absorbit OM. Se calculează pierderile în cupru la acest curent și se așază în segmentul NR la scara puterilor. Se unește O cu R și se obține dreapta căutată pentru cercul C_f. Mai departe, curba pierderilor în cuprul statorului nu mai este o dreaptă, ci o elipsă foarte plată, tangentă în S și T la dreptele OR și OB. (S este piciorul perpendicularei din F pe OR, iar T piciorul perpendicularei din A pe OB). Se ia în considerare partea superioară a elipsei.

4. Discuția metodei

Alegerea punctului P (fig. 7), astfel încît să corespundă condițiilor de pornire, este limitată de rapoartele impuse $\frac{M_p}{M_n}$ și $\frac{I_p}{I_n}$. Cum pentru primul raport limitarea se face prin valoarea sa minimă, iar pentru cel de-al doilea prin valoarea maximă, rezultă că pe cercul C_p' avem la dispoziție o plajă (un arc de cerc), în care se poate încadra punctul de pornire.

Este evident că la deplasarea punctului P pe cerc, din F spre A, cuplul de pornire va crește, trecînd printr-un maxim, apoi va scădea, în timp ce curentul de pornire crește tot timpul. Rezultă deci că domeniul util pentru punctul de pornire este arcul de cerc cuprins între punctul F și punctul de tangență al tangentei dusă de cercul C_p' și paralelă la porțiunea plată a elipsei ST. Pentru fiecare poziție a lui P rezultă un anumit u, dependența lui M_p și I_p față de u putînd fi scrisă sub forma unor funcții pe care nu le mai dăm aici, diagrama din fig. 7 ilustrînd foarte bine această dependență.

În decursul operațiilor de dimensionare, conform metodei de mai sus, proiectantul poate să întîlnească situația cînd, la un cuplu de pornire foarte ridicat sau la un curent de pornire foarte scăzut (impuse prin temă), punctul P să nu poată să se găsească pe cercul C_p'. Există următoarele posibilități de rezolvare:

a) Se poate ridica în sus cercul C_p' prin rotirea dreptei AO_c (fig. 7), adică prin înălțarea punctului A pe cercul inițial C. Acest lucru se poate realiza lucrînd numai asupra rotorului, prin mărirea rezistenței rotorice (se mărește, practic, rezistența coliviei de pornire). Se pot obține astfel cercurile C_p'' și C_p''', respectiv P'' și P''', care asigură un cuplu de pornire mai bun la curenți de pornire mai mici (fig. 8). Prin aceasta pierderile în cuprul rotoric cresc și randamentul mașinii scade. Această posibilitate de a obține caracteristici de pornire bune este limitată de faptul că rezistența coliviei de pornire nu poate fi mărită oricît, existînd pericolul de explozie a barelor de pornire la cuplarea motorului la rețea (mai ales dacă motorul antrenează mase de volant de valoare ridicată).

b) Se mărește diametrul cercului C_p', prin micșorarea diametrului cercului de funcționare. Acest lucru se realizează prin mărirea reactanței rotorice $X_{e0} = x_2'$ (practic prin mărirea reactanței coliviei de funcționare X_3). Cum cercul C

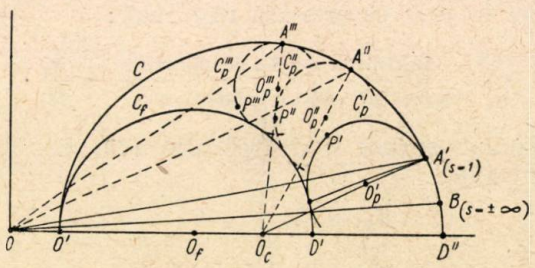


Fig. 8. Cercurile de pornire la mărirea rezistenței coliviei de pornire.

nu se modifică, micșorîndu-se C_f, crește diametrul cercului C_p'. Este evident însă că factorul de putere și capacitatea de supraîncărcare se vor micșora simțitor.

c) Se mărește diametrul cercului C_p' prin mărirea cercului inițial C. Acest lucru se realizează prin micșorarea lui X_1. Mărindu-se cercul C,

deși crește puțin și cercul de funcționare la micșorarea lui X_1, se obține o creștere a lui C_p. Dar micșorarea lui X_1 se poate face prin scăderea pînzei de curent a statorului și a permeanțelor de scăpări, adică trebuie operat asupra statorului, ceea ce este mai neplăcut. În plus va crește curentul de pornire, fapt care nu poate fi permis în unele rețele mai slabe.

După cum se vede, performanțele motorului la pornire sînt limitate de anumiți factori constructivi și de utilizare. Diagrama din fig. 7 ne dă însă posibilitatea să alegem judicios parametrii rotorului corespunzînd cerințelor impuse motorului la pornire. Evident dacă a rezultat necesitatea efectuării uneia din operațiile de la punctele *a*, *b*, *c*, trebuie făcută, după aceea, determinarea raportului *u* și deci a parametrilor rotorului, corespunzător noului cerc de pornire obținut și noului punct de pornire ales pe acest cerc.

5. Exemplificare pentru un motor de fabricație „Klement Gottwald"

S-a cerut proiectarea unui motor trifazat cu cuplu mărit de 75 kW, 1 000 rot/min, 380 V Δ, pentru acționarea pompelor de ciment din cadrul unor linii de ciment, care să aibă caracteristica mecanică din fig. 9.

Începem prin a calcula un motor în simplă colivie pentru care au rezultat rezistențele și reactanțele :

$$R_1 = 0{,}0633\ \Omega \qquad r_2' = 0{,}0878\ \Omega$$

$$X_1 = 0{,}358\ \Omega \qquad x_2' = 0{,}344\ \Omega$$

și un coeficient de scăpări :

$$\sigma_1 = 1 + \frac{x_1}{x_m} = 1{,}0249.$$

Cu aceste valori construim diagrama inițială a curentului. La introducerea în diagrama cercului, aceste mărimi se înmulțesc cu coeficientul de scăpări obținîndu-se :

$$\sigma_1 \cdot R_1 = 1{,}0249 \cdot 0{,}0633 = 0{,}065\ \Omega$$

$$\sigma_1 \cdot X_1 = 1{,}0249 \cdot 0{,}358 = 0{,}367\ \Omega$$

$$\sigma_1^2 \cdot R_{e0} = (1{,}0249)^2 \cdot 0{,}0878 = 0{,}0922\ \Omega$$

$$\sigma_1^2 \cdot X_{23} = (1{,}0249)^2 \cdot 0{,}344 = 0{,}361\ \Omega$$

Diametrul cercului respectiv *C* rezultă :

$$D_c = \frac{U_1}{\sigma_1 \cdot X_1 + \sigma_1^2 \cdot X_{23}} = \frac{380}{0{,}367 + 0{,}361} = 522\ \text{A}.$$

Alegem scara curentului 1 mm = [a] A = 5A.

Din punctul *O* (fig. 10) se ia în abscise curentul de mers în gol $I_0 = 26$ A, determinat din calculul de mai sus, obținînd în acest fel punctul *O'*. Pierderile de mers în gol ($P_0 = 3\,680$ W), găsite tot în calculul de mai sus, trebuie să le așezăm din punctul *O'* în ordonată, la scara puterilor (așa cum se obișnuiește) :

$$1\ \text{mm} = [\text{a}] \cdot 3 \cdot U_1 = 5 \cdot 3 \cdot 380 = 5\,700\ \text{W}$$

Luăm deci din *O'* pe verticală segmentul $\overline{O'O_1}$ de mărime :

$$\frac{3\,680}{5\,700} = 0{,}65\ \text{mm}$$

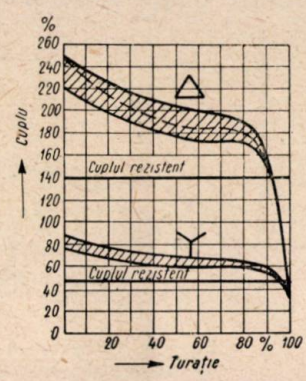


Fig. 9. Caracteristica mecanică impusă prin tema de proiectare.

și ducem prin O_1 linia centrelor, paralelă cu axa absciselor.

Prin O_1, cu centrul în O_c, ducem cercul *C* cu diametrul D_c. Pe acest cerc găsim punctele *A* ($s = 1$) și *B* ($s = \infty$) știind că față de O_1, coordonatele acestor puncte sînt :

$$x_A = \frac{U_1(\sigma_1 X_1 + \sigma_1^2 \cdot X_{23})}{(\sigma_1 \cdot R_1 + \sigma_1^2 \cdot R_{e0})^2 + (\sigma_1 \cdot X_1 + \sigma_1^2 \cdot X_{23})^2} =$$

$$= \frac{380\,(0{,}367 + 0{,}361)}{(0{,}065 + 0{,}0922)^2 + (0{,}367 + 0{,}361)^2} = 499\ \text{A}$$

$$y_A = \frac{U_1(\sigma_1 \cdot R_1 + \sigma_1^2 \cdot R_{e0})}{(\sigma_1 \cdot R_1 + \sigma_1^2 \cdot R_{e0})^2 + (\sigma_1 \cdot X_1 + \sigma_1^2 \cdot X_{23})^2} =$$

$$= \frac{380\ (0{,}065 + 0{,}0922)}{(0{,}065 + 0{,}0922)^2 + (0{,}367 + 0{,}361)^2} = 108{,}5\ \text{A}$$

respectiv :

$$x_B = \frac{U_1(\sigma_1 \cdot X_1 + \sigma_1^2 \cdot X_{23}}{\sigma_1^2 \cdot R_1^2 + (\sigma_1 \cdot X_1 + \sigma_1^2 \cdot X_{23})^2} =$$

$$= \frac{380\ (0{,}367 + 0{,}361)}{(0{,}065)^2 + (0{,}367 + 0{,}361)^2} = 519\ \text{A}$$

$$y_B = \frac{U_1 \cdot \sigma_1 \cdot R_1}{\sigma_1^2 \cdot R_1^2 + (\sigma_1 \cdot X_1 + \sigma_1^2 \cdot X_{23})^2} =$$

$$\frac{380\ .\ 0{,}065}{(0{,}065)^2 + (0{,}367 + 0{,}361)^2} = 46{,}2\ \text{A}.$$

Pînă acum am făcut o construcție obișnuită a diagramei cercului, pentru motorul cu simplă colivie de la care s-a plecat.

După aceasta se trece la construirea diagramei pentru motorul în dublă colivie care derivă din primul și care ni s-a impus.

În primul rînd ducem cercul de funcționare, astfel încît să avem cos φ și M_{max}, (cos φ = = 0,84 ; $M_{max} = 1{,}7\ M_n$). Ducem raza *OQ* la unghiul φ cu axa ordonatelor (fig. 10).

Cercul de funcționare C_f va fi tangent dreptei *OQ* și va avea centrul pe orizontala dusă prin O_1. De aici rezultă :

$$D_f = 51 \cdot 5 = 255\ \text{A}.$$

În acest cerc avem nevoie de linia momentelor, care nu mai este linia OB a cercului primitiv. Construim linia momentelor cum am arătat. Luăm punctul arbitrar M și găsim la

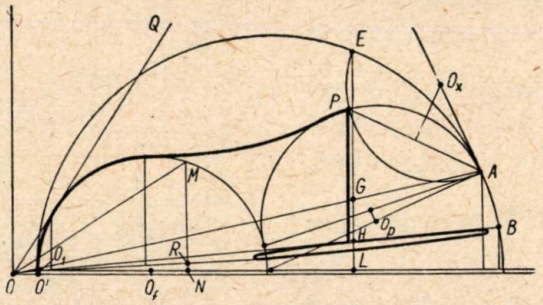


Fig. 10. Diagrama de calcul a motorului cu dublă colivie de 75 kW 1 000 rot/min.

scara curenților: $OM = 230$ A. Corespunzător curentului OM, în stator avem pierderile:

$$P_{Cu_1} = 3.230^2 \cdot 0{,}065 = 10\,300 \text{ W}$$

Ridicăm din N segmentul $NR = \frac{10\,300}{5\,700} = 1{,}8$ mm și determinăm dreapta cuplurilor O_1R.

Rezultă: $M_{max} = 1{,}87\ M$.

(Dacă M_{max} ar fi rezultat mai mic sau mult diferit, trebuia schimbată înclinarea dreptei OQ. Evident se schimba și cos φ.)

Cuplului M_n îi corespunde un curent statoric $I_1 = 81$ A și un cos $\varphi = 0{,}84$, adică am respectat condițiile de funcționare impuse.

Construim acum cercul C'_p cu centrul O_p pe dreapta AO_c (fig. 10). Ne alegem pe el un punct P, astfel încît să avem un cuplu de pornire $M_p = 2{,}35\ M_n$ (corespunzător caracteristicii impuse din fig. 10).

Rezultă $I_p = 83{,}5 \cdot 5 = 417{,}5$ A $= 5{,}16\ I_n$. Urmează acum să dimensionăm rotorul motorului în dublă colivie.

Făcînd construcția amintită la § 3, se obține:

$$u = \frac{EG}{GH} = 3{,}7.$$

Cu această valoare calculăm, conform relației (12):

$$\sigma_1^2 \cdot R_2 = \sigma_1^2 \cdot R_{e0}\,(1 + u) = 0{,}0922\,(1 + 3{,}7) = 0{,}433\ \Omega.$$

$$\sigma_1^2 \cdot R_3 = \sigma_1^2 \cdot R_{e0}\left(1 + \frac{1}{u}\right) = 0{,}0922\left(1 + \frac{1}{3{,}7}\right) = 0{,}117\ \Omega$$

Pe X_{e0} îl aflăm știind că:

$$D_{cf} = \frac{U_1}{\sigma_1 \cdot X_1 + \sigma_1^2 \cdot X_{23} + \sigma_1^2 \cdot X_{e0}} \text{ (relația 5)},$$

de unde: $\sigma_1^2 \cdot X_{e0} = \frac{U_1 - D_{cf}\,(\sigma_1 \cdot X_1 + \sigma_1^2 \cdot X_{23})}{D_{cf}} =$

$$= \frac{380 - 255\,(0{,}367 + 0{,}361)}{255} = 0{,}765\,\Omega$$

și din (12), ultima relație, se deduce:

$$\sigma_1^2 \cdot X_3 = \sigma_1^2 \cdot X_{e0}\left(1 + \frac{1}{u}\right) = 0{,}765\left(1 + \frac{1}{3{,}7}\right) = 0{,}972\,\Omega.$$

Se găsește și $X_{e1} = 0{,}16$ iar $K_x = \frac{X_{e1}}{X_{e0}} = \frac{0{,}16}{0{,}765} = 0{,}209$, ceea ce arată că soluția este printre cele mai bune.

Odată obținuți parametrii rotorici, se trece la determinarea geometriei tolei rotorice după formulele cunoscute. Se ține seamă că R_2, R_3 și X_3 încorporează și factorul de raportare.

În fig. 11 sînt prezentate rezultatele obținute la platforma de încercări cu ocazia omologării motorului de 75 kW, 1 000 rot/min.

Caracteristica mecanică obținută este arătată punctat în fig. 9.

Ca dimensiuni motorul se înscrie în gabaritul motoarelor normale de aceeași putere.

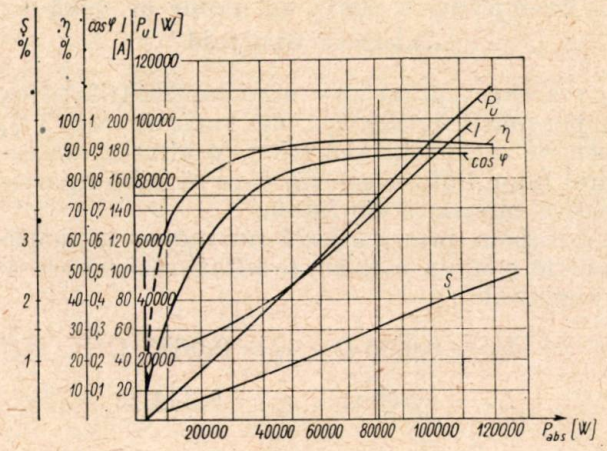


Fig. 11. Caracteristicile de funcționare a motorului de 75 kW 1 000 rot/min.

Bibliografie

[1] *Kostenko P. M.*: Mașini electrice speciale, II. M. E. E.I.E., E.E.S.. 1955,

[2] *Kostenko P. M.* și *Kuznețov I. B.*: Principiile teoriei și calculului motoarelor Boucherot. V. E. O. Buletin 4 (1930) 7 și 8.

[3] *Punga F.* și *Raydt O.*: Drehstrommotoren mit Doppelkäfiganker und verwandte Konstruktionen. Verlag von Iulius Springer, Berlin 1931.

[4] *Neumeister K.*: Calculul coliviilor cu refulare de curent, Deutsche Electrotechik (1957) 2, 66.

[5] *Krug A. C.*: Bazele electrotehnicii vol. 2 (traducere din limba rusă), Editura Energetică de Stat.

[6] *Richter R.*: Elektrische Mschinen, IV Band. Verlag von Iulius Springer, Berlin.

[7] *W. Nürnberg:* „Die asynchronmaschine". Verlag von Iulius Springer, Berlin 1952.

Intrat în redacție la 29 ianuarie 1960.

O metodă de calcul a schemelor electrice echivalente

Marius Preda * — Bucureşti

În ultimul timp în literatura de specialitate se acordă o atenţie deosebită metodei transfigurărilor reţelelor electrice considerată o cale deseori foarte comodă pentru calculul regimurilor acestor reţele. Avînd în vedere diversitatea punctelor de vedere existente, autorul propune o metodă de tratare unitară a tuturor acestor probleme.

CZ 621.372.6

Există numeroase lucrări în care se studiază diferite cazuri particulare de transfigurări electrice [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9]. În lucrarea de faţă se propune un mod de tratare unitară a problemei transfigurărilor electrice. Pentru aceasta se elaborează o metodă de rezolvare a „Problemei generale a transfigurărilor electrice", problemă care constă în determinarea unui circuit cu m accesuri, cît mai simplu şi fără cuplaje magnetice interne, echivalent cu un circuit dat avînd acelaşi număr de accesuri însă conţinînd un număr total de noduri $n > m$ şi cuplaje magnetice interne.

Metoda amintită se bazează pe o nouă teoremă, ce rezolvă „problema generală" în cazul circuitelor pasive fără cuplaje magnetice externe — pe care o vom numi „teorema transfigurărilor electrice".

1. Teorema transfigurărilor electrice

Într-o altă lucrare a autorului se demonstrează că condiţia de echivalenţă a două circuite pasive cu m accesuri se exprimă prin $R = \frac{m(m-1)}{2}$ relaţii independente, care leagă între ele valorile impedanţelor din cele două circuite [10]. Ca urmare determinarea unui circuit echivalent cu un număr de laturi (şi deci de impedanţe) mai mic decît R este, în general, imposibilă. Rezultă că cel mai simplu circuit, echivalent cu un circuit cu m accesuri, este un circuit în poligon complet.

În cele ce urmează se consideră un circuit cu n noduri (dintre care m constituie accesuri, adică sînt legate galvanic cu exteriorul), pasiv, fără cuplaje magnetice externe (fig. 1, *a*), şi se demonstrează că acesta are ca circuit echivalent un circuit pasiv, în poligon complet fără cuplaje magnetice (fig. 1, *b*).

Pentru generalitate utilizăm metoda operaţională şi stabilim transfigurări valabile în regimuri tranzitorii (cu condiţii iniţiale de zero).

Prin definiţie, cele două circuite sînt echivalente dacă curenţii care ies prin accesuri sînt respectiv egali, oricare ar fi potenţialele accesurilor.

Pentru circuitele liniare, la care ne referim, curenţii consideraţi sînt funcţiuni liniare de aceste potenţiale. Considerînd ca potenţial nul, de referinţă, potenţialul unuia din accesuri, pe baza teoremei superpoziţiei rezultă că, pentru ca cele două circuite să fie echivalente, este necesar şi suficient ca să fie respectiv egali curenţii care ies prin accesuri, atunci cînd numai cîte unul (V_k) din celelalte $m - 1$ potenţiale este

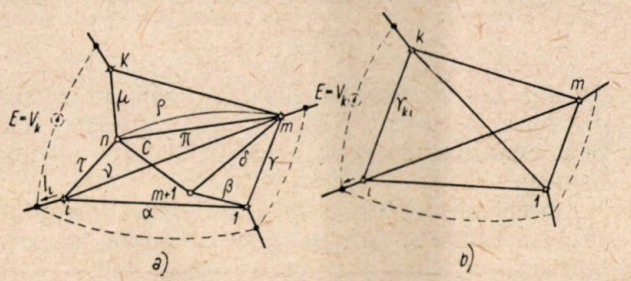


Fig. 1. Transfigurarea circuitului cu m accesuri fără cuplaje magnetice externe:
a — circuit pasiv fără cuplaje magnetice externe cu n noduri şi m accesuri;
b — circuit echivalent — corespunzător — pasiv, în poligon complet, fără cuplaje magnetice.

diferit de zero. În acest mod se poate extinde, şi pentru cazul multipolilor, metoda scurtcircuitării bornelor (accesurilor) — metodă utilizată în studiul cuadripolilor la determinarea schemelor echivalente.

Notînd cu Y_{ik} admitanţa operaţională a laturii care uneşte nodul i cu nodul k al circuitului echivalent în poligon complet, curentul care iese în acest caz prin accesul i are imaginea:

$$I_i = Y_{ki} V_k \qquad (1)$$

(deoarece dintre laturile legate la nodul i, numai latura ik este străbătută de curent).

Curentul care iese, în acelaşi caz, prin accesul i al circuitului dat se determină pe baza schemei din fig. 1, *a* în care dreptele punctate reprezintă legături de impedanţă nulă.

Aplicînd teorema lui Vaschy nodului k se obţine circuitul echivalent din fig. 2, *a*. Curentul care iese prin nodul i din ultima schemă se exprimă simplu pe baza teoremei superpoziţiei, în forma:

$$I_i = \sum_{(i,k)} Y_v^{\mu} V_k \qquad (2)$$

unde prin $\sum_{(i,k)} Y_v^{\mu}$ se înţelege suma admitanţelor de transfer, din această reţea, dintre laturile care „intră" în nodul i şi cele care „ies" din

* Ing. *Marius Preda* este conferenţiar la Institutul Politehnic — Bucureşti.

nodul k; termenul „latură care intră" respectiv care „iese" se referă la sensurile pozitive din laturi, față de care se determină valorile admitanțelor de transfer.

Este util de remarcat că, pentru calculul acestor admitanțe de transfer, în locul schemei

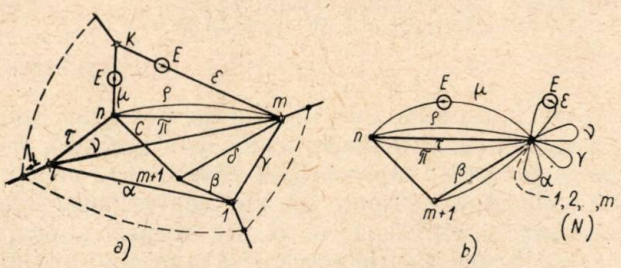


Fig. 2. Determinarea rețelei de calcul :
a — circuitul echivalent obținut prin aplicarea teoremei lui Vaschy nodului k din fig. 1, *a*; *b* — rețeaua pentru calculul admitanțelor de transfer obținută din rețeaua dată (fig. 1, *a*) prin reunirea tuturor accesurilor într-un nod comun.

din fig. 2, *a*, se poate utiliza „rețeaua de calcul" din fig. 2, *b*, obținută din rețeaua dată (fig. 1, *a*) prin reunirea tuturor accesurilor într-un nod comun.

Observînd numărul de admitanțe corespunzătoare laturilor din poligonul complet echivalent cu n vîrfuri, și numărul ecuațiilor

$$Y_{ik} = \sum_{(i,k)} Y_{\nu}^{\mu} \qquad (i, k = 1, 2 \ldots, n) \qquad (3)$$

care rezultă din condiția de identitate a ecuațiilor (1) și (2), rezultă următoarea *teoremă generală a transfigurărilor electrice* : un circuit pasiv cu m accesuri (și fără cuplaje magnetice externe) este echivalent cu un circuit fără cuplaje magnetice în poligon complet avînd același număr de accesuri ; o latură oarecare din circuitul echivalent care unește două vîrfuri i și k are o admitanță egală cu suma admitanțelor de transfer, din „rețeaua de calcul", dintre laturile care intră în i și cele care ies din vîrful k.

În enunțul teoremei admitanțele de intrare s-au considerat ca un caz particular de admitanțe de transfer — dintre o latură și ea însăși.

Se remarcă faptul că, atunci cînd circuitul de transfigurat nu conține alte noduri decît accesurile, schema de calcul corespunde rețelei primitive a lui G. Kron [11]. Acest caz, în care admitanțe de transfer diferite de zero există numai între laturile cuplate magnetic, prezintă interes la transfigurarea circuitelor care conțin cuplaje magnetice. În cazul cînd circuitul dat conține $(n - m)$ noduri în plus față de nodurile reprezentînd accesuri, schema de calcul reprezintă un circuit $(n - m + 1)$ noduri ; acest caz prezintă interes la transfigurările în urma cărora se micșorează numărul de noduri, de exemplu la transfigurarea stelei simple sau multiple (cu mai multe noduri [9]) într-un poligon complet.

2. Metoda generală de calcul a schemelor echivalente

Metoda generală de calcul a schemelor echivalente, care rezultă din cele de mai sus, este următoarea :

a) se formează schema de calcul prin reunirea tuturor punctelor de acces într-un singur nod (N) ;

b) se determină în schema de calcul, admitanțele de transfer dintre laturile legate la nodul (N) ;

c) se calculează admitanțele laturilor din schema echivalentă în poligon complet, pe baza teoremei generale a transfigurărilor electrice.

Pentru transfigurarea circuitelor care conțin surse de t.e.m. trebuie să se țină seamă de faptul că la acestea mai apare o condiție de echivalență în plus față de condiția exprimată de cele R ecuații considerate mai sus, aceea ca să fie respectiv egali curenții ce ies prin accesuri, din schema dată respectiv cea echivalentă, în ipoteza că toate potențialele accesurilor ar fi nule. Această condiție de echivalență se exprimă prin $(m - 1)$ ecuații independente (4), (egalitatea curenților din ultimul punct de acces rezultînd, pe baza teoremei lui Kirchhoff, din egalitatea celorlalți curenți). Ca urmare, pentru ca schema echivalentă să poată satisface aceste ecuații, ea trebuie să conțină cel puțin $(m-1)$ surse a căror t.e.m. (E_i) se pot determina pe baza ecuației :

$$\sum_{(k)} Y_{ki} E_i = \sum_{(k)} Y_{\mu}^{\nu} E_{\nu} \qquad (k = 1, 2, \ldots, n - 1) \quad (4)$$

unde în suma din membrul întîi intră, pentru schema echivalentă, suma produselor dintre admitanțele laturilor legate în nodul k prin t.e.m. conținută în fiecare din aceste laturi, iar în cea din membrul doi, pentru circuitul dat, suma produselor t.e.m. din fiecare latură a circuitului dat prin admitanțele de transfer dintre aceste laturi și laturile legate în nodul k.

Pentru transfigurările referitoare la regimuri tranzitorii cu condiții inițiale nenule, t.e.m. operaționale interioare de forma $pL\,i\,(0)$ și $-u_C(0)$ se pot trata ca și cum ar aparține unor surse.

Este ușor de constatat că „problema generală a transfigurărilor" nu poate fi, în general, rezolvată, pentru circuitele cu cuplaje magnetice, așa cum se încearcă în [12], deoarece după transfigurarea acestora — conform (3) — nu s-ar mai putea, în general, menține t.e.m. induse în exterior prin cuplaje externe.

Avantajul metodei constă în aceea că, pe de o parte determinarea admitanțelor de transfer în rețeaua de calcul este mult mai simplă decît determinarea admitanțelor de transfer în rețeaua dată, care are un număr de noduri mai mare decît prima, iar pe de altă parte dă o tratare unitară.

Folosind această metodă se poate realiza, în general, mai ușor și mai direct decît prin alte procedee, atît transfigurarea circuitelor cu cuplaje magnetice, cît și cea a circuitelor fără cuplaje magnetice. Pentru ilustrarea celor afirmate mai sus, în anexă se dau cîteva exemple de aplicare a acestei metode.

ANEXA 1

Transfigurarea stea-poligon

Pentru o stea cu n laturi de admitanțe Y_k ($k = 1, 2, \ldots, n$) schema de calcul conține conectarea în derivație a acestor admitanțe. Ca urmare, admitanța de transfer dintr-o latură μ și o latură ν are în schema de calcul expresia :

$$Y_\mu^\nu = \frac{Y_\mu \sum\limits_{j\neq\mu} Y_j}{\sum\limits_{j=1}^{n} Y_j} \cdot \frac{1}{\sum\limits_{j\neq\mu} Y_j} \cdot Y_\nu = \frac{Y_\mu \cdot Y_\nu}{\sum\limits_{j=1}^{n} Y_j}. \qquad (5)$$

În schema dată, la accesul μ fiind legată numai latura μ iar la accesul ν numai latura ν conform teoremei transfigurărilor electrice, în schema echivalentă în poligon complet, admitanța laturii $Y_{\mu\nu}$ care unește aceste două accesuri ($\mu, \nu = 1, 2, \ldots, n$) este egală chiar cu Y_μ^ν.

ANEXA 2

Transfigurarea poligon cu cuplaje magnetice între laturi poligon complet fără cuplaje magnetice

Notînd cu Z_{ij}^{ij} și Z_{ij}^{km} impedanța proprie a unei laturi ij, respectiv impedanța de cuplaj magnetic dintre o latură ij și o latură k_m (fig. 3 *a*), ecuația matricială a rețelei de calcul (după introducerea cîte unei tensiuni electromotoare în fiecare din laturi) se exprimă :

$$\left\| Z_{ij}^{km} \right\| \cdot \left\| I_{km} \right\| = \left\| E_{ij} \right\|$$

unde semnificația matricelor este evidentă.

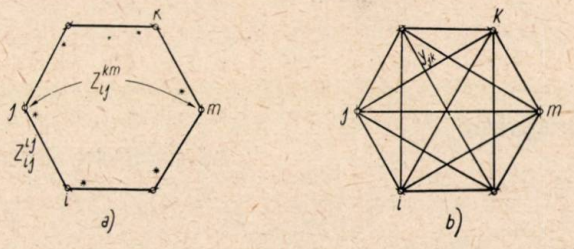


Fig. 3. Transfigurarea poligonului avînd cuplaje magnetice interne :

a – circuit în poligon avînd cuplaje magnetice între laturi ; *b* – circuitul echivalent în poligon complet fără cuplaje magnetice.

Matricea admitanțelor de transfer are expresia :

$$\left\| Y_{ij}^{km} \right\| = \left\| Z_{ij}^{km} \right\|^{-1}.$$

Conform teoremei transfigurărilor electrice, admitanța operațională a laturii care unește un vîrf k cu un vîrf h al circuitului echivalent în poligon complet (fig. 3, *b*) are expresia :

$$Y_{kh} = Y_{k,k+1}^{h-1,h} - Y_{k,k+1}^{h,h+1} + Y_{k-1,k}^{h,h+1} - Y_{k-1,k}^{h-1,h}. \qquad (6)$$

ANEXA 3

Transfigurarea stea cu mai multe noduri – poligon complet

O stea cu $1, 2, \ldots, \mu, \ldots, \nu, \ldots, m$ accesuri și cu $A, B, \ldots, K, \ldots, M$ „noduri" (puncte neutre), (fig. 4, *a*) conduce la o rețea de calcul cu $M + 1$ noduri (fig. 4, *b*).

Pentru început considerăm cazul circuitului pasiv fără cuplaje magnetice. În acest caz, determinarea admitanțelor de transfer dintre laturile legate la punctul N se face simplu folosind metoda potențialelor în noduri ; considerînd nul

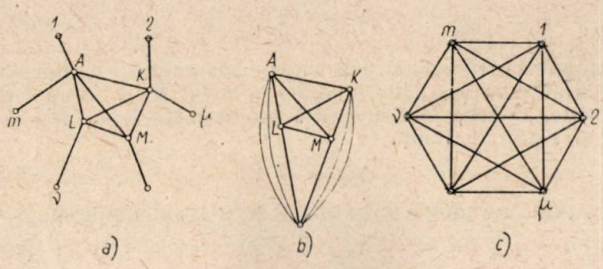


Fig. 4. Transfigurarea circuitului în stea :

a – circuit în stea cu m accesuri și M noduri ; *b* – rețeaua de calcul cu $M + 1$ noduri ; *c* – circuitul echivalent în poligon complet cu m accesuri.

potențialul punctului N, determinarea potențialelor V_K ($K = A, B, \ldots, M$) ale nodurilor schemei de calcul se face pe baza ecuațiilor :

$$\begin{aligned}
&Y_{AA} V_A - Y_{AB} V_B - \ldots - Y_{AK} V_K - \ldots \\
&\qquad - Y_{AM} V_M = \sum_A Y_{AI} E_{AI} \\
&- Y_{BA} V_A + Y_{BB} V_B - \ldots - Y_{BK} V_K - \ldots \\
&\qquad - V_{BM} V_M = \sum_B Y_{BI} E_{BI} \\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
&- Y_{KA} V_A - Y_{KB} V_B - \ldots + Y_{KK} V_K - \ldots \\
&\qquad - Y_{KM} V_M = \sum_K Y_{KI} E_{KI} \qquad (7) \\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
&- Y_{MA} V_A - Y_{MB} V_B - \ldots - Y_{MK} V_K - \ldots \\
&\qquad + V_{MM} V_M = \sum_M Y_{MI} E_{MI}
\end{aligned}$$

unde prin expresiile de formă Y_{KK} se înțelege suma admitanțelor tuturor laturilor legate la nodul K, iar sumele de forma $\sum_K Y_{KI} E_{KI}$ reprezintă suma produselor admitanțelor acestor laturi prin tensiunile electromotoare ale laturilor respective.

Rezolvînd sistemul de ecuație (7), notînd cu Δ, determinantul acestui sistem și cu Δ_{KI} valoarea algebrică a minorului obținut prin suprimarea liniei K și a coloanei I din acest determinant, se obține :

$$V_K = \frac{\Delta_{AK} \sum_A Y_{AI} E_{AI} + \Delta_{BK} \sum_B Y_{BI} E_{BI} + \ldots + \Delta_{MK} \sum_M Y_{MI} E_{MI}}{\Delta}$$

Ca urmare, admitanța de transfer dintre două laturi μ și ν legate una la nodul K iar alta la nodul I are expresia :

$$Y_\mu^\nu = Y_{\mu K} Y_{\nu I} \frac{\Delta_{KI}}{\Delta}. \qquad (8)$$

Pentru $K = I$ se obține admitanța de transfer dintre două laturi care sînt ambele legate la același nod I.

Conform teoremei transfigurărilor electrice, în schema în poligon complet (fig. 4, *c*) echivalentă cu schema dată (fig. 4, *a*), admitanța $Y_{\mu\nu}$ care unește un acces μ cu un acces ν este tocmai admitanța de transfer Y_μ^ν.

Transfigurarea stelei cu cuplaje magnetice interne și cu mai multe noduri se poate realiza în două etape.

În prima etapă se consideră toate nodurile schemei date ca accesuri și se determină o schemă echivalentă intermediară în poligon complet fără cuplaje magnetice ; schema de calcul corespunzătoare, la care fiecare latură este în scurtcircuit, are, cu notații evidente, ca matrice a admitanțelor :

$$\left\| Y_\mu^\nu \right\| = \left\| Z_{\mu\nu} \right\|^{-1} \qquad (9)$$

unde matricea $\| Z_\mu^\nu \|$ este matricea impedanţelor laturilor schemei date. Conform teoremei transfigurărilor electrice latura care uneşte în schema echivalentă intermediară, accesul γ cu unul din nodurile K are admitanţa

$$Y'_{\gamma K} = \sum_K Y_\gamma^K \qquad (10)$$

unde suma reprezintă suma tuturor admitanţelor de transfer dintre latura γ şi laturile legate la nodul K; o latură care uneşte, în schema echivalentă intermediară, două accesuri δ şi ε are admitanţa

$$Y'_{\delta\varepsilon} = - Y_\delta^\varepsilon \qquad (11)$$

o latură care uneşte două noduri K şi L are admitanţa

$$Y'_{KL} = \sum_{(K,L)} Y_\mu^\nu \qquad (12)$$

unde suma din membrul 2 reprezintă suma tuturor admitanţelor de transfer dintre laturile care ies din nodul K şi cele care intră în nodul L.

În acest mod problema poate fi redusă la transfigurarea stelei complete fără cuplaje magnetice, a cărei rezolvare, aşa cum se arată mai jos, constituie a doua etapă.

Dacă schema dată conţine şi surse, în prima etapă se determină, conform (4), astfel de tensiuni electromotoare în poligonul complet echivalent, încît acestea să se poată exterioriza pe baza teoremei lui Vaschy. În a doua etapă, se reintroduc aceste tensiuni electromotoare pe baza aceleiaşi teoreme a lui Vaschy, în poligonul complet echivalent, obţinîndu-se în fiecare latură care uneşte un acces μ cu un acces ν o t.e.m. $E_{\mu\nu}$.

Calculul circuitelor în stea completă [9] se poate rezolva considerînd aceste circuite ca un caz particular al circuitelor studiate precedente, caz în care accesurile anumitor laturi sînt suprapuse. Printr-o astfel de suprapunere a accesurilor, în schema echivalentă apar legate în derivaţie mai multe laturi, pe care înlocuindu-le cu cîte o latură echivalentă, se obţine schema în poligon complet echivalentă cu schema dată.

Dacă la un acces μ sînt legate de exemplu laturile $\alpha, \beta, \ldots$, iar la un alt acces ν laturile $\delta, \varepsilon, \ldots$, prin suprapunerea accesurilor acestor laturi, se obţine o schemă echivalentă în care apar legate în derivaţie, între nodurile μ şi ν, laturile $\alpha\delta, \alpha\varepsilon, \ldots, \beta\delta, \beta\varepsilon, \ldots$; prin înlocuirea acestor laturi cu o latură echivalentă, se obţine final schema echivalentă căutată – în care latura care uneşte cele două accesuri μ şi ν are admitanţa :

$$Y_{\mu\nu} = Y_{\alpha\delta} + Y_{\alpha\varepsilon} + \ldots + Y_{\beta\delta} + Y_{\beta\varepsilon} + \ldots \qquad (14)$$

şi tensiunea electromotoare :

$$E_{\mu\nu} = \frac{Y_{\alpha\delta} E_{\alpha\delta} + Y_{\alpha\varepsilon} E_{\alpha\varepsilon} + \ldots + Y_{\beta\delta} E_{\beta\delta} + Y_{\beta\varepsilon} E_{\beta\varepsilon} + \ldots}{Y_{\alpha\delta} + Y_{\alpha\varepsilon} + \ldots + Y_{\beta\delta} + Y_{\beta\varepsilon}} . \qquad (15)$$

Bibliografie

[1] *G. V. Zeveke* şi *P. A. Ionkin* : Bazele Electrotehnicii, vol. **I**, Gosenergoizdat, Moscova, 1955.

[2] *P. A. Voronov* : Teoria generală a cuadripolilor şi multipolilor, Gosenergoizdat, Moscova, 1951.

[3] *V. M. Sigorski* : Teoria generală a cuadripolului, A. N. U.R.S.S., Kiev, 1955.

[4] *P. A. Ionkin* : Transformarea reciprocă a triunghiului şi a stelei în cazul cuplajelor magnetice, Electricestvo, **60** (1940), 7.

[5] *I. P. Ranks* : Transformarea circuitelor de curent alternativ conţinînd inductivităţi mutuale şi forţe electromotoare, Electricestvo **61** (1941), 2.

[6] *I. M. Ranks* : Transformarea stelei cu n raze în curent alternativ în prezenţa inductivităţilor mutuale şi a f.e.m., Electricestvo **61** (1941), 4.

[7] *E. V. Zeliah* : Bazele teoriei generale a schemelor electrice liniare, Editura A.N. U.R.S.S., 1951.

[8] *P. A. Voronov* : Transfigurările şi schemele electriee echivalente ale circuitelor electrice liniare, Electricestvo **70** (1950), 8.

[9] *P. A. Ionkin* : Formulele de transfigurare a stelei multinodale în poligon echivalent, Electricestvo **77** (1957), 8.

[10] *M. D. Preda* : Beiträge zu dem Problem der Netzumvandlungen, Buletinul Ştiinţific al Institutului Politehnic Bucureşti (1958) 1.

[11] *G. Kron* : Utilizarea calculului tensional în electrotehnică, Gosenergoizdat, Moscova, 1955.

[12] *C. Mocanu* : O teorie unitară a schemelor echivalente prin transfigurări topologice, Electrotehnica, **5** (1957), 12, 405—415.

Intrat în redacţie la 28 septembrie 1958.

Note

Calculul transformatoarelor de curent cu şunt magnetic

CZ 621.314.224.3.001.24

Transformatoarele de curent cu şunt magnetic construite după Petrov şi Ocuni [1], [2] realizează în mod simplu o îmbunătăţire substanţială a alurii curbelor de erori. Ele sînt realizate cu un singur miez şi un şunt, înfăşurarea primară fiind situată într-o parte a şuntului (partea A, fig. 1), iar cea secundară repartizată în ambele părţi (A şi B). La orice transformator de curent, prin modificarea numărului de spire secundare (corecţia de spire) se realizează în mod simplu o corecţie a erorii de curent.

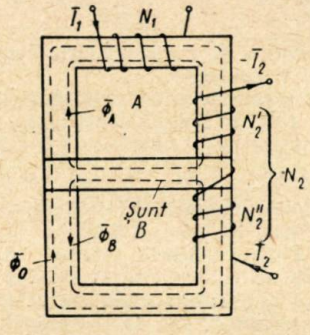


Fig. 1. Schema transformatorului de curent cu şunt magnetic. (Sensurile pozitive ale lui $\bar{I}_1$ şi $\bar{I}_2$ se asociază cu acela al lui Φ_0 prin regula tirbuşonului).

Considerînd că această corecţie nu s-a efectuat încă, rezultă :

$$I_{1n} N_1 = I_{2n} N_2 , \qquad (1)$$

unde :

$$N_2 = N'_2 + N''_2 . \qquad (2)$$

Erorile fiind mici, relaţia (1) va fi valabilă practic nu numai pentru curenţii nominali, adică :

$$I_1 N_1 \cong I_2 N_2 , \qquad (3)$$
$$(I_1 N_1 \cong - I_2 N_2).$$

Datorită diferenţei mici între $I_1 N_1$ şi $I_2 N_2$ ia naştere fluxul Φ_0, căruia îi corespunde o inducţie relativ mică, astfel încît permeabilitatea fierului ar fi mult sub valoarea sa maximă. Totuşi, datorită şuntului, se pot dezvolta fluxuri suplimentare Φ_A şi Φ_B, care ridică mult valoarea inducţiei de fier, astfel încît permeabilitatea ajunge în apropierea valorii maxime. Dacă şuntul este saturat, fluxurile suplimentare şi deci şi μ vor fi aproape constante (la curent variabil) şi astfel erorile vor fi minime şi constante.

Compensarea descrisă fiind simplă şi eficace, transformatoarele cu şunt se fabrică pe scară largă în U.R.S.S. şi în alte ţări, astfel şi în R.P.R. Totuşi a lipsit pînă în prezent, după cunoştinţa autorului acestui articol, o analiză a fenomenelor astfel prezentată încît ea să poată servi ca bază la calculul de proiectare. Prezenta lucrare are ca scop completarea lacunei semnalate. Bineînţeles, valabilitatea calcu-

lelor depinde de măsura în care se cunosc caracteristicile materialului feromagnetic. Erorile transformatorului construit se verifică experimental.

Amperspirele θ care produc fluxurile suplimentare sînt:
— în circuitul A sînt preponderente amperspirele primare; ținînd seama de (3) și (2) se obține:

$$\theta = I_1N_1 - I_2N_2' = I_2N_2 - I_2N_2' = I_2N_2'' ;$$

— în circuitul B există numai amperspire secundare:

$$\theta = I_2N_2'' .$$

Așadar, fluxurile suplimentare apar datorită aceleiași tensiuni magnetomotoare

$$\theta = I_2N_2'' = \varepsilon (I_2N_2) = \varepsilon (I_1N_1), \tag{4}$$

unde:

$$\varepsilon = \frac{N_2''}{N_2} . \tag{5}$$

Amperspirele θ pot fi considerate ca acționînd în dreptul șuntului magnetic.

Fluxul prin șunt $\Phi_S = \Phi_A + \Phi_B$ se împarte în fluxurile parțiale Φ_A și Φ_B (acestea sînt practic în fază) în raportul permeanțelor părților respective ale miezului principal. Este de dorit ca $\Phi_A \cong \Phi_B$ (și egale deci cu $\Phi_S/2$), deoarece atunci întregul miez va fi magnetizat suplimentar în mod uniform, în domeniul permeabilității maxime. Prin urmare, poziția optimă a șuntului este la mijlocul miezului. O deplasare nu prea mare de la această poziție nu modifică mult repartizarea fluxurilor și deci reluctanța miezului principal se micșorează numai puțin; de aceea în calcule se poate considera că șuntul ar fi situat la mijloc. Egalizarea fluxurilor se poate obține și prin mărirea reluctanței cu o spiră scurtcircuitată aplicată în partea în care reluctanța este mai mică. Este de preferat însă plasarea șuntului la mijlocul miezului.

Raportul dintre amperspirele de magnetizare și amperspirele primare (sau secundare) dă o limită superioară a erorii relative. Considerăm, că la curent nominal, această limită este egală cu eroarea de clasă, pe care o notăm cu γ:

$$\gamma = \frac{I_0 N_1}{I_{1n} N_1} . \tag{6}$$

Adesea $N_1 = 1$, sau se admite valoarea lui $I_{1n} N_1$ ($= 500 \ldots 1\,000$ A), dacă transformatorul nu este unispiral. Din (6) rezultă atunci:

$$H_0 = \frac{I_0 N_1}{l} = \frac{\gamma \cdot I_{1n} N_1}{l} , \tag{7}$$

unde l este lungimea miezului. Se calculează apoi

$$B_0 = \mu_{max} \cdot H_0 . \tag{8}$$

Fluxul $\Phi_0 = B_0 S$ este cunoscut de la început, trebuind să asigure tensiunea secundară în care se includ căderile interioare, care de obicei se evaluează la 20 % din cele exterioare. Prin urmare:

$$1{,}2\, U_{2n} = 1{,}2 \frac{P_n}{I_{2n}} = \frac{\omega}{\sqrt{2}} B_0 S N_2 , \tag{9}$$

de unde:

$$S = \frac{\sqrt{2} \cdot 1{,}2\, P_n}{\omega I_{2n} N_2 B_0} , \tag{10}$$

iar fluxul prin șunt:

$$\Phi_S = 2\, B_{\mu_{max}} S. \tag{11}$$

Exemplu. Fie $P_n = 15$ VA, $I_{1n} = 500$ A, $I_{2n} = 5$ A, $f = 50$ Hz, $N_1 = 1$, $N_2 = 100$, $l = 0{,}3$ m, eroarea de clasă, $\gamma = 0{,}005$ (0,5 %), $\mu_{max} = 0{,}0133$ H/m, $B_{\mu max} = 0{,}4$ Te (raportul dintre valoarea de amplitudine a lui B și valoarea efectivă a lui H). Din (7):

$$H_0 = \frac{\gamma I_{1n} N_1}{l} = \frac{0{,}005 \cdot 500}{0{,}3} = 8{,}33 \text{ A/m} .$$

Din (8):

$$B_0 = \mu_{max} \cdot H_0 = 0{,}0133 \cdot 8{,}33 = 0{,}111 \text{ Te}.$$

Din (10):

$$S = \frac{\sqrt{2} \cdot 1{,}2\, P_n}{\omega I_{2n} N_2 B_0} = \frac{\sqrt{2} \cdot 1{,}2 \cdot 15}{314 \cdot 500 \cdot 0{,}111} = 14{,}5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 .$$

Fluxul prin șunt va fi (rel. 11):

$$\Phi_S = 2\, B_{\mu max}\, S = 2 \cdot 0{,}4 \cdot 14{,}5 \cdot 10^{-4} = 11{,}6 \cdot 10^{-4} \text{ Wb} .$$

Fluxul Φ_S saturează șuntul. El îl saturează în așa măsură, încît reluctanța șuntului să fie mult mai mare decît celelalte reluctanțe din calea acestui flux, inclusiv reluctanțele porțiunilor de întrefier prin care Φ_S trebuie să treacă la locul de legătură între șunt și miez. De aceea, reluctanța totală va fi doar cu puțin (cu 10...20 %) mai mare decît reluctanța șuntului. Șuntul saturat asigură Φ_S aproape constant la θ variabil, deci $\mu \cong \mu_{max}$ independent de valoarea curentului.

Fluxurile $\Phi_A = \Phi_B = \frac{\Phi_S}{2}$ induc tensiuni în cele N_2' respectiv N_2'' spire secundare. Aceste tensiuni, în cazul șuntului saturat, sînt practic constante, pe cînd tensiunea $Z_e I_2$ pe impedanța de sarcină variază proporțional cu I_2. Ele nu pot echilibra deci pe $Z_e I_2$, mai ales ținînd seama că și Z_e poate varia (conform normelor sarcina poate varia între 100 % și 25 % a valorii nominale). De aceea, este de dorit ca tensiunea indusă rezultantă să fie zero, ceea ce se realizează atunci cînd:

$$N_2' = N_2'' , \tag{12}$$

sau conform relației (5):

$$\varepsilon = 0{,}5. \tag{13}$$

Există posibilitatea folosirii unui șunt nesaturat, care lucrează în domeniul $\mu \ll \mu_{max}$. Un asemenea șunt nu asigură o valoare constantă pentru Φ_S și deci permeabilitatea miezului, deși îmbunătățită, va fi mai mică decît μ_{max}. Alegînd $N_2' > N_2''$ (adică $\varepsilon < 0{,}5$) apar tensiuni induse în circuitul secundar, iar acestea, fiind proporționale cu I_2, pot asigura, în cazul unei construcții potrivite și al unei puneri la punct atente, echilibrarea tensiunii $Z_e I_2$ în cazul cînd Z_e nu-și modifică în exploatare valoarea, în raport cu aceea cu care s-au efectuat încercările de laborator. Această condiție limitează mult posibilitatea folosirii unui șunt nesaturat. Totuși în lucrare se va examina și acest caz, fiind de interes problema compensării tensiunii sarcinii (noțiunea de reactanță secundară negativă [1], [2]), astfel încît Φ_0 scade la valori foarte mici (transformator cu flux nul [3]).

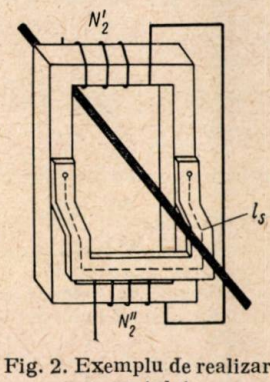


Fig. 2. Exemplu de realizare a șuntului.

Lungimea șuntului l_s va trebui să fie cît mai mică pentru ca saturația, la θ dat, să fie cît mai intensă. Ea va fi adesea aproximativ egală cu $\frac{l}{2}$ (fig. 2). Menționăm că o realizare a șuntului asemănător ca în fig. 2 este posibilă și la miezurile toroidale folosite la transformatoarele de tip trecere, de înaltă tensiune.

Intensitatea cîmpului magnetic în șunt va fi la curent nominal:

$$H_s = \frac{\varepsilon (I_{1n} N_1)}{k\, l_s} = \frac{0{,}5\,(I_{1n} N_1)}{k\, l_s}, \qquad (14)$$

unde k este un coeficient supraunitar ($\cong 1{,}1 \ldots 1{,}2$) care ține seama de reluctanța circuitului magnetic, în afară de șunt.

Din curba de magnetizare se citește B_s în funcție de H_s, iar secțiunea șuntului se calculează din relația:

$$S_s = \frac{\Phi_s}{B_s}. \qquad (15)$$

Se verifică apoi dacă k a fost corect ales, respectiv dacă nu este prea mare.

Exemplu. La transformatorul considerat, admitem $l_s = \frac{l}{2} = 0{,}15$ m. Din relația (14) rezultă:

$$H_s = \frac{0{,}5\,(I_{1n} N_1)}{k\, l_s} = \frac{0{,}5.500}{(1{,}1 \ldots 1{,}2)\,0{,}15} = (1\,390 \ldots 1\,510)\ \text{A/m}.$$

Inducția corespunzătoare este $B_s \cong 1{,}5$ Te. Dacă curentul și deci și H_s se micșorează de 10 ori, B_s nu scade sub valoarea de 1 Te, deci starea de magnetizare a miezului principal se menține tot în jurul lui μ_{max}.

Din (15) se obține:

$$S_s = \frac{\Phi_s}{B_s} = \frac{11{,}6 \cdot 10^{-4}}{1{,}5} = 7{,}74.10^{-4}\ \text{m}^2.$$

Relația (14) și calculele efectuate mai sus arată că saturarea șuntului ($H_s > 1\,000$ A/m) nu poate fi obținută dacă $I_{1n} N_1$ nu este suficient de mare iar l_s suficient de mic. În acest caz se saturează șuntul (prin crearea unui istm) pe o porțiune limitată, de lungime l_s mai mică decît lungimea totală a șuntului. Relațiile (14) și (15) se referă atunci la această porțiune.

Tensiunea magnetomotoare pe lungimea l_s a șuntului este, în cazul considerat:

$$H_s\, l_s = 1\,450.0{,}15 = 218\ \text{A}.$$

Considerînd întrefierul total de trecere în jur de $0{,}3.10^{-3}$ m, iar inducția în acest întrefier egală cu circa a zecea parte a celei din șunt, adică $B_\delta = \frac{B_s}{10} = 0{,}15$ Te, rezultă tensiunea magnetomotoare din întrefier:

$$H_\delta\, l_\delta = \frac{B_\delta}{\sqrt{2}\ \mu_0}\, l_\delta = \frac{0{,}15 \cdot 0{,}3 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{2}\ 4\pi 10^{-7}} = 25\ \text{A}.$$

Acest calcul are caracter foarte aproximativ. S-a obținut o tensiune magnetomotoare suplimentară de $\frac{25}{218}\ 100 \cong 11{,}5$ %. Este important, ca la realizarea constructivă a șuntului să se asigure respectarea ordinului de mărime a elementelor de calcul de mai sus, reducînd cît mai mult reluctanța de trecere între șunt și miez.

În cazul șuntului nesaturat avînd reluctanța R_s, reluctanța de trecere fiind R_δ, iar reluctanța echivalentă a celor două jumătăți ale miezului puse în paralel R_M, se obține:

$$\Phi_s = \frac{\sqrt{2}\,\theta}{R_s + R_\delta + R_M} = \frac{\sqrt{2}\, I_2 N_2''}{R}, \qquad (16)$$

unde:

$$R = R_s + R_\delta + R_M. \qquad (17)$$

În cele N_2' spire secundare se induce tensiunea:

$$U_{N_2'} = \frac{\omega}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\Phi_S}{2} N_2' = \frac{\omega\, I_2 N_2'' N_2'}{2R}, \qquad (18)$$

iar în cele N_2'' spire:

$$U_{N_2''} = \frac{\omega}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\Phi_S}{2} N_2'' = \frac{\omega\, I_2 N_2''^2}{2R}. \qquad (19)$$

Tensiunea indusă rezultantă va fi:

$$U_{N_2} = U_{N_2'} - U_{N_2''} = \frac{\omega\, I_2 N_2'' (N_2' - N_2'')}{2R}, \qquad (20)$$

în care este preponderent efectul curentului primar și de aceea reactanța corespunzătoare este negativă:

$$X_2 = -\frac{U_{N_2}}{I_2} = -\frac{\omega N_2'' (N_2' - N_2'')}{2R}. \qquad (21)$$

Ținînd seama de (2) și (5) se obține:

$$X_2 = -\frac{\omega N_2^2}{2R}\, \varepsilon (1 - 2\,\varepsilon). \qquad (22)$$

X_2 are valoarea negativă maximă:

$$X_{2max} = -\frac{\omega N_2^2}{16\, R} \qquad (23)$$

pentru $\varepsilon = \frac{1}{4}$ (vezi fig. 3).

Din cauza pierderilor în fier X_2 nu apare ca o reactanță pură, ci ca o impedanță $\bar{Z}_2$. Mărimea ei depinde conform ecuației (22) de R și ε iar unghiul de fază ζ (fig. 4), poate

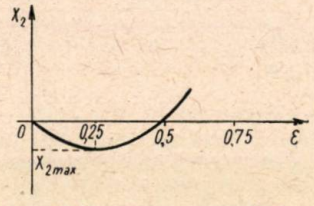


Fig. 3. Reactanța secundară negativă este maximă la $\varepsilon = 0{,}25$.

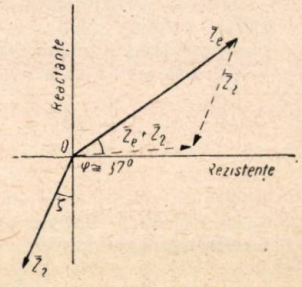


Fig. 4. Impedanța secundară totală $\bar{Z}_e + \bar{Z}_2$ este compusă din impedanța sarcinii $\bar{Z}_e$ și „impedanța negativă" $\bar{Z}_2$.

fi mărit prin aplicarea pe șunt a unei spire de scurtcircuit. Prin potrivirea acestor mărimi se poate anula (cu aproximație) impedanța secundară totală $\bar{Z}_e + \bar{Z}_2$, deci și tensiunea indusă de Φ_0. Astfel, fluxul principal și deci și erorile devin foarte mici.

Bibliografie

[1] *Petrov G. N., Ocuni S. S.*: Despre impedanța negativă a înfășurării secundare a transformatorului, Electricestvo **70** (1950) 5.

[2] *Petrov G. N., Ocuni S.S.*: Transformatoare de curent cu compensarea erorii după metoda MEI, Electricestvo **72** (1952) 12.

[3] *Hobson*: The Zero-Flux Current Transformer, Trans. AIEE, **72** (1953)P. III, 608.

Conf. ing. **A. Semlyén** — Timișoara

Intrat în redacție la 6 iulie 1959.

Cronică

Consfătuirea de semiconductoare și aplicațiile lor

București, 9 — 11 decembrie 1959

Sub egida Academiei R.P.R. și printr-o colaborare între Institutul de Fizică (IF), Institutul de Fizică Atomică (IFA), Centrul de Cercetări Metalurgice (CCM), aparținînd Academiei R.P.R. și Institutul de Cercetări Electrotehnice (ICET) din Ministerul Industriei Grele (MIG), cu contribuția unor institute de învățămînt, ca Institutul Politehnic din București (IPB) și din Timișoara (IPT) și a Ministerului Forțelor Armate (MFA), s-a organizat și s-a desfășurat o interesantă consfătuire asupra semiconductoarelor și aplicațiilor lor. Au participat ca oaspeți cunoscuți savanți și specialiști în acest domeniu din Uniunea Sovietică, și anume prof. *E.F. Gross*, Moscova, membru corespondent al Academiei de Științe a U.R.S.S., prof. *M. V. Tucikievici*, Leningrad, care a mai vizitat țara noastră, *V. A. Anerekov*, candidat în științe și *S. Șulepnikov*, fizician.

După un scurt cuvînt de deschidere rostit de academician prof. ing. *I. S. Gheorghiu*, în care s-a arătat interesul general pentru aplicațiile semiconductoarelor, academician prof. Eugen Bădărău a atras atenția asupra importanței care se dă cercetărilor științifice în domeniul semiconductoarelor și aplicațiilor industriale ale acestora, importanță care a fost subliniată în expunerea tovarășului *Gh. Gheorghiu-Dej* la plenara C.C al P.M.R. din noiembrie 1958. Arătînd aplicațiile variate ale fizicii solidului și ale semiconductoarelor în industrie și în confecționarea bunurilor de larg consum și trecînd în revistă cele mai noi rezultate de cercetări științifice din U.R.S.S., unde sub conducerea academicianului *Joffe* activează o puternică școală în domeniul fizicii semiconductoarelor, acad. *Bădărău* a menționat începuturile promițătoare ale cercetărilor privind semiconductoarele în țara noastră, care ne dau speranța că numeroase probleme practice de mare importanță tehnico-economică se vor putea rezolva în viitorul apropiat printr-o colaborare strînsă între oamenii noștri de știință, cercetătorii și între tehnicienii și tehnologii din industrie.

Prima ședință s-a încheiat cu expunerea prof. *E. F. Gross*, Moscova, privind manifestările stărilor „polaronice" în spectrul de absorbție a cristalului de cuproxid, în care s-a dat o explicație, bazată pe teoria stărilor și zonelor energetice, spectrului de linii fine de absorbție descoperită de prof. *Gross* și pentru care i s-a acordat premiul Stalin.

Lucrările consfătuirii au fost grupate în patru domenii mari (indicate mai jos). Fiecare domeniu a fost deschis de unul sau două referate, dînd o vedere de ansamblu asupra domeniului. Au urmat comunicări scurte de rezultate de cercetare noi, obținute pe cale teoretică dar mai ales experimentală.

În cele ce urmează dăm rezumatele (în majoritate publicate și difuzate) ale unora din referate și comunicări pe care le-am considerat mai interesante pentru electrotehnicieni. Lucrările consfătuirii urmează a fi publicate într-un volum special, sub îngrijirea Academiei R.P.R. și a comitetului de organizare.

I. Fizica semiconductoarelor

C. Constantinescu (IF): *O nouă metodă de determinare a secțiunilor eficace de captură ale centrelor de recombinație în semiconductoare.* Se arată că recombinația prin intermediul capcanelor este un tip de recombinație foarte probabil în semiconductoare. Se analizează dependența vieții medii τ a purtătorilor suplimentari de neechilibru de nivelul injecției δn (adică de concentrația lor) și, pe baza teoriei recombinației pe centre simple (Shockley-Read), se arată că există condiții (care depind de temperatură și de concentrația purtătorilor de bază), cînd τ nu depinde de δn, la care se pot determina nu numai secțiunile eficace de captură pentru electroni și găuri S_n și S_p dar și poziția energetică a nivelului adițional din banda interzisă.

Această metodă nu necesită măsurarea efectivă a timpului de viață și nici a nivelului de injecție. Se determină numai temperatura la care timpul de viață nu mai depinde de nivelul injecției, ceea ce se poate fixa cu ajutorul caracteristicii de scurtcircuit al unui fotoelement cu strat de baraj construit din materialul de cercetat, și anume cînd aceasta devine liniară. Se arată în lucrare că această liniaritate corespunde cazului cînd timpul de viață nu depinde de nivelul injecției.

Metoda este aplicabilă și în cazul cînd recombinația are loc pe centre multiplu încărcate, ceea ce corespunde nu unui nivel, ci unor întregi sisteme de nivele adiționale în zona interzisă. Se arată că acest proces nu mai poate fi descris cu ajutorul teoriei recombinației pe centre simple. În cazul recombinației pe centre multiplu încărcate (Shockley-Kalașnikov), se obțin de asemenea condițiile cînd timpul de viață τ nu mai depinde de δn. De data aceasta nu mai este posibilă determinarea poziției energetice a nivelelor și ea trebuie determinată din alte măsurători.

Se arată că, cu această metodă, este posibil să se măsoare acele secțiuni de captură ale centrelor multiple, care cu metode obișnuite (de exemplu, din dependența vieții medii de concentrație a purtătorilor de bază) nu pot fi măsurate.

A. Mircea (ICET): *Asupra teoriei statistice a recombinării catalizate în semiconductoare cu centre de recombinare simplu ionizabile.* Se deduc expresii simple pentru duratele de viață ale purtătorilor de sarcină în semiconductoare nedegenerate, în care recombinarea are loc prin intermediul unui număr arbitrar de tipuri de centre. Calculele privesc regimul staționar în presupunerea perturbațiilor mici.

Se face o discuție a rezultatului obținut și se compară cu rezultatele cunoscute în prezent.

II. Metalurgia fizică a semiconductoarelor

Acad. prof. dr. Tr. Negrescu (CCM): *Metalurgia fizică și semiconductoarele.* Referatul tratează despre contribuția substanțială care revine metalurgiei fizice, atît în cercetarea fundamentelor științifice ale semiconductibilității materiei solide, cît și cu privire la metodele de preparare a materialelor semiconductoare. Astfel, metodele topirii zonare, obținerea de monocristale, studiul defectelor structurale și dislocațiile, impurificarea controlată se bazează pe principiile metalurgiei fizice. Însăși teoria electronică a semiconductoarelor este o consecință a teoriei metalelor cu care se completează reciproc.

Metalurgia fizică își aduce contribuția și în descoperirea de noi materiale semiconductoare: compușii intermetalici care au căpătat o importanță deosebită în tehnica modernă a semiconductoarelor.

M. Protopopescu, D. Drimer, N. Petrescu (CCM): *Semiconductoare din compuși intermetalici.* Se expun principalele caracteristici ale semiconductoarelor în corelație cu structura electronică și cristalină a compușilor intermetalici semiconductori. Se propune o interpretare fenomenologică originală a acestei corelații pentru compușii binari izoelectronici și compușii ternari derivați în scopul de a se putea prevedea caracteristicile unor noi materiale semiconductoare. Lucrarea dă o orientare asupra posibilităților de aplicare a compușilor semiconductori, fabricați pe bază de materii prime din R.P.R.

M. Bădănoiu (IFA): *Turnarea în vid a baghetelor de siliciu pur.* Întrucît datele din literatură furnizează puține detalii în ceea ce privește turnarea baghetelor de siliciu pur, se expun motivele pentru care s-a preferat topirea siliciului în vid în locul atmosferei inerte, pe baza urmăririi evaporării în vid a unor impurități din siliciu, cu ajutorul metodei de analiză prin radioactivare.

Se descriu două modele de instalații folosite experimental și avantajele pe care le prezintă una din ele. Instalația menționată servește pentru topirea în vid a cristalelor aciculare

de siliciu preparate de IFA prin metoda reducerii cu vapori de zinc a tetraclorurii de siliciu și turnarea în baghete de anumite dimensiuni, necesare pentru purificarea zonală și tragerea monocristalelor.

I. Ciolan, Gh. Stănescu (ICECHIM): *Aparat de topire zonală cu bombardament electronic.* S-a realizat un cuptor experimental de topire zonală cu bombardament electronic cu care s-au făcut încercări de zonare asupra siliciului. Aparatul a dat satisfacție. Acest aparat de zonare constă în:

a) Instalația de vacuum.

b) Dispozitivul de transport.

c) Instalația electrică de alimentare cu curent și aparatele de măsură.

M. Rozenberg, L. Cîrlan, V. Tanach, V. Ivașcu (ICET): *Studiul unor proprietăți ale feritelor din sistemul* $MnO-MgO-Fe_2O_3$. Se studiază sistemul $MnO-MgO-Fe_2O_3$ în regiunea de rectangularitate a ciclului de histerezis, variindu-se raportul MnO/MgO și efectuîndu-se determinări și măsurători chimice, magnetice și de microstructură.

Se discută rezultatele obținute în lumina teoriilor actuale ale proceselor de inversare a fluxului.

E. Lăbușcă, N. Andreescu, I. Miron, I. Teodorescu (IFA): *Contribuții la explicarea apariției ciclului histerezis rectangular la ferite.* Lucrarea cuprinde studiul proprietăților magnetice specifice (B_r,H_c, K_r), ale feritelor din sistemul $HgO-NiO-ZnO-Fe_2O_3$, în funcție de variația temperaturii, în domeniul temperaturilor joase, pînă la −195°C. S-a pus în evidență o comportare diferită a feritelor cu ciclu rectangular, în domeniul temperaturilor sub 0°C față de comportarea feritelor obișnuite cu ciclu normal. Interpretarea rezultatelor obținute permite să se emită ipoteza că tipul de feromagnetism al feritelor cu ciclul rectangular este foarte apropiat de tipul de feromagnetism al substanțelor magnetice noi metalice, ambele categorii și substanțe avînd o tendință accentuată de saturație spre 0°K.

D. Drimer, M. Protopopescu, N. Petrescu (CCM): *Termoelectrogeneratoare pe bază de compuși intermetalici semiconductori.* Din analiza fenomenelor termoelectrice și a randamentelor termoelectrogeneratoarelor, rezultă importanța utilizării compușilor intermetalici semiconductori, atît în transformarea directă a energiei calorice în energie electrică, cît și pentru producerea temperaturilor scăzute.

Cercetările experimentale se referă la compușii semiconductori SbZn, SbCd, Sb_2ZnCd și Bi_2Te_3.

Se arată modul de elaborare a fiecărui compus în parte, tratamentul termic și influența elementelor de aliere. De asemenea, se descriu aparatele și metodele folosite pentru determinarea proprietăților termoelectrice.

Pe baza materialului experimental adunat, reies concluziile cu privire la tehnologia de obținere și la calculul de proiectare a termoelectrogeneratoarelor cu randamente optime pe bază de materii prime din R.P.R.

III. Chimia fizică a semiconductoarelor

F. Nicolau, G. Mozes, E. Grigorovici (ICET): *Obținerea siliciului de mare puritate în formă de bare și granule prin descompunerea silanilor.* Se discută avantajele metodei de preparare a siliciului din silani, față de alte metode, sub aspectul purității și al tehnologiei de obținere a monocristalelor. Se prezintă, metodele adoptate la ICET și instalațiile utilizate pentru prepararea și purificarea compușilor intermediari și obținerea siliciului sub formă de granule și bare prin descompunerea triclorsilanului și monosilanului.

Se discută condițiile optime de funcționare a instalațiilor și eficacitatea procedeelor aplicate pentru purificarea silanilor și se prezintă rezultatele obținute.

IV. Dispozitive semiconductoare, măsurători și aplicații

G. Mozes, E. Lapedatu, C. Zaharia, A. Friedman (ICET): *Celule redresoare cu seleniu cu strat de baraj artificial.* Se discută eficacitatea îmbunătățirii performanțelor la celulele redresoare cu seleniu și căile de îmbunătățire a acestor performanțe. Se prezintă premisele teoretice care au condus la alegerea soluțiilor pentru creșterea tensiunii inverse și a stabilității în funcționare, prin utilizarea straturilor de baraj artificiale. Rezultatele obținute arată că prin soluțiile studiate se poate crește tensiunea inversă pînă la 50 V_{ef} și durata de funcționare cu 100%. De asemenea, se prezintă o tehnologie simplificată pentru realizarea celulelor de 36 V cu stabilitate mărită.

A. Mircea (ICET): *Măsurarea rezistivității materialelor semiconductoare.* Se expune teoria măsurării rezistivității materialelor semiconductoare prin metoda celor patru sonde. Se dau curbe teoretice de corecție pentru geometria probelor și rezultatele verificării experimentale a calculelor prin comparație cu măsurări efectuate cu ajutorul metodei celor două sonde și al metodei cu patru contacte propusă de Van der Pauw. Se descrie aparatura folosită la ICET și se discută dificultățile legate de măsurările pe siliciu, comparînd rezultatele obținute cu datele din lucrarea lui Creamer.

O. Lupaș (ICET): *Măsurători de efect Hall* în Ge și Si. S-a măsurat efectul Hall în Ge de tip *n* și Si de tip *n* și *p* la temperatura camerei și în Ge de tip *n* la temperatura azotului lichid, obținîndu-se variația constantei Hall cu cîmpul magnetic pentru valori ale cîmpului pînă la 13 000 gauss. Se descrie aparatura experimentală folosită. Se găsește la Ge o dependență mai pronunțată a constantei Hall în funcție de cîmp decît la Si.

C. Șora (IPT): *Funcționarea generatorului Hall ca amplificator de putere.* În lucrare se face un studiu critic asupra funcționării generatorului Hall ca amplificator de putere.

După unele considerații generale asupra materialelor semiconductoare folosite în acest scop, se studiază condițiile de funcționare ale generatorului Hall, ținîndu-se seamă de variația rezistenței electrice a materialului semiconductor în funcție de inducția magnetică. În curent alternativ se ține seamă și de frecvența tensiunii de intrare.

În continuare, se discută relațiile stabilite pentru diferitele puteri care intervin și se dau unele indicații de dimensionare. Lucrarea conține de asemenea cîteva aprecieri cu privire la performanțele care se pot obține și posibilitățile de îmbunătățire a acestora.

T. Tănăsescu (IPB): *Semiconductoarele în tehnică* (referat). Arătînd că semiconductoarele completează și continuă aplicațiile tuburilor electronice, se prezintă o clasificare generală a „dispozitivelor electronice", în care cele cu semiconductoare în plină evoluție se încadrează în mod natural. În tablouri sinoptice se prezintă și se compară proprietățile și performanțele diferitelor dispozitive cu semiconductoare, dîndu-se indicații asupra domeniilor de aplicații asigurate și probabile în tehnică și industrie.

R. Stere (ICET): *Realizarea și utilizarea dispozitivelor semiconductoare în R.P.R.* (referat). Se prezintă realizările din țara noastră mai ales cele de la ICET: semiconductoare SiC cu performanțe mondiale dezvoltate și utilizate în construcția de descărcătoare cu rezistență variabilă pînă la 35 kV; redresoare de seleniu, ale căror performanțe au fost mult îmbunătățite prin procedee originale; cercetările pentru realizarea de diode și transistoare pe bază de siliciu (a se vedea referatele respective). Se arată importanța semiconductoarelor, mai ales pentru transistorizarea aparatelor de radio, de televiziune și a altor dispozitive cu tuburi electronice, cît și avantajele care rezultă din introducerea semiconductoarelor cristaline din punct de vedere tehnico-economic și al prețului de cost.

Se discută posibilitățile largi de aplicare a semiconductoarelor ca redresoare de putere în instalații de electroliză, pe locomotive electrice etc.

Se prezintă rezultatele practice atinse în domeniul elaborării feritelor cu proprietăți variate și introducerea acestora în fabricația industrială curentă.

*

În general se constată că în institutele de cercetare se dă o suficientă atenție preparării cercetării proprietăților unei largi game de semiconductoare și că o serie întreagă de colective, mai ales de tineri cercetători, și-au însușit cunoștințe temeinice în teoria și în tehnica experimentală a semiconductoarelor. Capitalul de cunoștințe înmagazinate în tinerele cadre de cercetători este o chezășie pentru rezolvarea multor

probleme ştiinţifice de mare actualitate. Mai sînt însă încă multe alte condiţii de îndeplinit şi, în această privinţă, consfătuirea a fost un bun prilej pentru observaţii critice constructive. Din discuţiile care s-au purtat asupra referatelor şi comunicărilor am desprins următoarele observaţii cu caracter mai general :

1. Cercetările asupra semiconductoarelor se urmăresc în mai multe institute de cercetări, colectivele fiind obligate să atace probleme foarte variate, începînd cu teoria matematică şi fizică a solidului, trecînd prin structura şi proprietăţile fizico-chimice ale materialelor semiconductoare, la probleme de preparare în care metalurgia fizică intră cu un coeficient important, pînă la aplicaţiile în dispozitive şi circuite electrice şi electronice. Ţinînd seamă de existenţa şi organizarea actuală sau viitoare a institutelor ştiinţifice şi de tematica lor, este de judecat dacă o sistematizare, planificare şi coordonare mai profundă a lucrărilor, care revin diferitelor unităţi mari şi colective nu ar putea să contribuie la ridicarea eficienţei în cercetări şi la grăbirea introducerii aplicaţiilor în tehnica industrială. De asemenea, dacă lucrările nu s-ar putea îndrepta şi mai mult spre obiective de o mai mare pondere în economia naţională, spre aplicaţii practice din care să rezulte economii, reduceri de preţ de cost la articole şi fabricate care se exportă sau care se fabrică în număr foarte mare de exemplare, ca bunurile de larg consum.

2. Compoziţia colectivelor de cercetări trebuie să corespundă scopului urmărit şi specialităţilor în care se desfăşoară munca de cercetare. De aceea, organizării colectivelor trebuie acordată o foarte mare atenţie. Este inutil şi inoperant de a cere de la un electrician cunoştinţe temeinice de metalurgie, sau de la un chimist o perfectă orientare în spectroscopie. Prin cooptarea de specialişti colectivele de cercetare pot fi întărite considerabil, dacă trebuie să se atingă domenii de specialitate diferite. Această cooptare are însă limite.

3. În cazul cînd o problemă comportă cercetări în două sau mai multe domenii care intră în tematica altor institute, să se treacă la colaborare sau la o repartizare a temelor de cercetare corespunzătoare, spre a se evita suprapunerea tematicii diferitelor secţii şi institute.

4. Tematica cercetărilor planificate trebuie să ţină seamă de experienţa colectivelor şi secţiilor de cercetare, dar nu trebuie subordonată acestei experienţe, ci numai necesităţilor economiei naţionale.

5. Cercetarea nu trebuie considerată ca încheiată prin rezultate ştiinţifice, ci trebuie împinsă, la nevoie cu ajutorul altor unităţi sau colective, pînă la aplicaţia în practică, în exploatări şi în industrie, pînă unde ea poate da roade care contribuie la ridicarea bunăstării poporului.

În domeniul semiconductoarelor, care se află în plină evoluţie şi în care munca de cercetare şi de aplicare practică a marcat în ţara noastră începuturi care îndreptăţesc speranţe, se impune o grijă deosebită pentru organizarea raţională şi coordonarea activităţii, spre a atinge cu cadrele şi cu baza materială ce stau la dispoziţie o eficienţă maximă.

Dr. ing. **A. Avramescu**

Consfătuirea tehnico-ştiinţifică asupra maşinilor electronice de calcul

Bucureşti, 13 — 15 ianuarie 1960

Comisia de automatizare, Secţia de ştiinţe matematice şi fizice şi Secţia de ştiinţe tehnice ale Academiei R.P.R. au organizat această consfătuire cu scopul de a prezenta progresele teoretice şi tehnice în teoria calculului numeric, în construcţia maşinilor electronice de calcul şi în aplicarea dispozitivelor şi maşinilor de calcul pentru rezolvarea unor probleme tehnico-ştiinţifice importante pentru diferite ramuri industriale sau pentru economia naţională.

La şedinţa de deschidere din 13 ianuarie 1960 începută cu un scurt cuvînt al acad. prof. *I. S. Gheorghiu* — vicepreşedintele Academiei R.P.R. — după salutul reprezentanţilor unor institute şi organizaţii din ţară şi din străinătate, acad. *Gr. C. Moisil* a expus conferinţa *„Cercetările matematice din ţară în domeniul teoriei şi aplicării maşinilor de calcul"*. Au urmat expunerile prof. *T. Popovici*, membru al Academiei R.P.R. şi director al Institutului de calcul din Cluj, despre activitatea acestui institut, a tov. ing. *V. Toma* şi *S. Schächter* despre realizările din ţară în domeniul maşinilor electronice de calcul şi a tov. ing. *I. Papadache* despre introducerea calculatoarelor în industria ţării noastre.

Şedinţele de comunicări s-au desfăşurat în cadrul a trei secţii : astfel, în prima s-au expus *studii teoretice în legătură cu maşinile de calcul.* Aici s-au prezentat mai ales rezultatele cercetărilor grupului de tineri matematicieni, condus de acad. *Gr. C. Moisil*, cît şi unele comunicări de la Institutul de calcul din Cluj. În total s-au prezentat în cadrul acestei Secţii 26 comunicări.

Secţia a doua a cuprins *domeniul construcţiei maşinilor de calcul şi programarea problemelor* ; cele 19 comunicări s-au referit la variatele probleme matematice şi tehnice implicate de construcţii şi la programarea maşinilor. În acest ciclu menţionăm comunicarea *„Elemente magnetice cu ciclu de histerezis dreptunghiular pentru circuite de memorie şi comutare"* realizate la ICET şi prezentate de colectivul *M. Rosenberg, V. Ivaşcu* şi *L. Cîrlan.*

În sfîrşit, secţia a treia s-a referit la *aplicaţiile maşinilor de calcul în industrie, economie şi în cercetările ştiinţifice,* totalizînd 21 comunicări. În cadrul acestei secţii amintim următoarele comunicări cu caracter electrotehnic sau electroenergetic :

N. Mirea : *Folosirea maşinilor electronice de calcul în marile termocentrale.*

Korolkov (U.R.S.S.) : *Maşina de calcul cu elemente magnetice.*

W. Kämmerer (R.D.G.) : *Maşină de calcul numerică cu programare pe baza aspectului formulei matematice.*

T. Tănăsescu : *Posibilităţile de lucru ale maşinilor digitale în comparaţie cu cele analogice.*

M. Bercovici : *Utilizarea maşinilor automate digitale pentru calculul reţelelor electrice.*

A. Avramescu : *Oportunitatea recurgerii la maşini de calcul în probleme de electrotehnică.*

Gh. Hortopan : *Aplicaţii ale maşinilor de calcul în probleme de electrotehnică.*

E. Arie, V. M. Popov şi M. Racoviţă : *Utilizarea maşinii de calcul analogice MECAN la soluţionarea unor clase de probleme de reţele electrice.*

Unele dintre aceste comunicări apar în întregime în coloanele revistei noastre, altele în revista Automatica şi Electronica. De aceea, renunţăm aici la comentarea lor.

La consfătuire, asistenţa a fost neaşteptat de mare şi a dovedit marele interes pe care cercetătorii şi inginerii îl manifestă faţă de aceste teme moderne, care îmbină calculul numeric cu teoria mecanismelor, cu electronica şi cu automatizările.

Discuţiile, uneori ample, care s-au purtat au oglindit acest mare interes şi nivelul înalt la care au ajuns cunoştinţele privind aceste domenii la noi în ţară.

O rezoluţie amplă a consfătuirii, citită de acad. Gr. C. Moisil în şedinţa de închidere, a caracterizat acest progres şi a formulat propuneri şi deziderate în vederea extinderii lui în viitorul apropiat. Astfel, se poate considera că această consfătuire a fost binevenită şi s-a bucurat de un deplin succes.

Dr. ing. **A. Avramescu**

Recenzii

CZ 621.372.6.001.57

V. P. SIGORSKI: **Metode de analiză a schemelor electrice cu elemente multipolare.** Edit. Academiei de Ştiinţe a Republicii Socialiste Sovietice Ucrainiene, Kiev, 1958, 174 fig.

Problema analizei schemelor reţelelor electrice este una din problemele cele mai importante ale electrotehnicii. Într-adevăr, orice circuit electric, reţea, maşină electrică, instalaţie de reglaj sau de automatizare, receptor sau emiţător cu tuburi electronice comportă o schemă electrică, a cărei analiză dă posibilitatea stabilirii performanţelor sale în diferite condiţii de funcţionare. Mai mult, alte discipline „neelectrice", mecanica, automatica, acustica etc., folosesc scheme electrice pentru studiul şi rezolvarea diverselor probleme pe care le pune practica.

Cu drept cuvînt, autorul face deosebirea dintre o schemă şi un circuit electric, noţiunea de schemă fiind mai largă.

În lucrarea sa autorul şi-a propus să dea o privire generală asupra metodelor de analiză a schemelor electrice, urmată de un studiu critic şi aprofundat al acestor metode, stabilind apoi o metodă generală de studiu.

Într-o primă parte a lucrării sale, autorul face teoria schemelor electrice constituite din multipoli.

Primul capitol este consacrat ecuaţiilor schemelor electrice. Este examinată mai întîi schema electrică şi elementele sale constitutive active şi pasive, liniare şi neliniare etc.

Sînt apoi reamintite pe scurt teoremele lui Kirchhoff şi exprimate sub toate formele sub care ele pot fi utilizate. Se trece apoi la ecuaţiile generale ale schemelor deduse, fie din prima ecuaţie a lui Kirchhoff — ecuaţia curenţilor la noduri — fie dintr-a doua ecuaţie a lui Kirchhoff — ecuaţia căderilor de tensiune în bucle. Aceste ecuaţii sînt date mai întîi sub formă algebrică, apoi sub formă matricială.

Principiul dualităţii este apoi aplicat schemelor, principiu care dă rezultate foarte bune în analiza problemelor de fizică. Autorul arată că aceleaşi ecuaţii pot fi utilizate tot aşa de bine la studiul regimului permanent, cît şi al celui tranzitoriu. Este suficient să se facă numai o schimbare de variabilă şi să se utilizeze pentru al doilea caz transformata Laplace.

Problema sistemelor de referinţă este examinată pe larg în următoarele trei capitole. Această problemă este una dintre cele mai importante, ţinînd seamă că simplicitatea ecuaţiilor unei scheme depinde de alegerea coordonatelor. Se examinează astfel: natura coordonatelor care pot fi utilizate la studiul schemelor; alegerea coordonatelor; transformarea coordonatelor, stabilind formulele de transformare; stabilirea matricii de transformare — simplă sau compusă; transformarea canonică. Problema reducerii numărului de coordonate prin diverse procedee este apoi amplu studiată şi este urmată de aceea a extinderii numărului de coordonate, problemă foarte importantă.

Capitolele V şi VI sînt consacrate studiului multipolilor ca elemente constitutive ale schemelor. Sînt examinate ecuaţiile şi parametrii multipolilor, matricile caracteristice şi legătura între aceste matrici.

O atenţie deosebită este dată matricii de conexiune care caracterizează topologia multipolilor într-o schemă.

În capitolele următoare (VII şi VIII) sînt studiate mijloacele prin care se pot determina parametrii unei scheme. După ce a stabilit relaţiile de bază, autorul indică metodele generale de urmat pentru atingerea scopului final, rezolvarea schemei.

Trebuie observată metoda foarte intuitivă a autorului care studiază fiecare problemă pe cazuri particulare, folosind în acelaşi timp ambele metode pentru rezolvarea schemelor, metoda potenţialelor la noduri şi aceea a curenţilor independenţi, trecînd apoi la cazul general pentru care dă formulele de rezolvare.

Capitolul IX este consacrat studiului mijloacelor de reducere a unei scheme oarecare la un cuadripol. Studiul acestuia este trecut în revistă în mod succint.

Capitolul X, care încheie această primă parte introductivă, dezvoltă un studiu asupra variaţiei parametrilor unei scheme. După ce arată în ce constă problema, autorul expune teorema lui Polivanov, dîndu-i două generalizări.

Este păcat că, în expunerea sa, autorul nu a dat un exemplu, aşa cum a făcut în celelalte capitole, astfel încît să se înţeleagă cît mai bine utilitatea acestei teoreme.

În a doua parte a lucrării sale, în patru capitole, autorul dezvoltă aplicaţiile teoriei generale de analiză ale schemelor electrice.

Studiul începe prin examinarea schemelor ale căror elemente componente sînt dipoli. Sînt examinate mai întîi elementele simple, rezistenţele, inductanţele şi elastanţele, scriind relaţiile care există între curenţii şi tensiunile aplicate.

Se dă apoi metoda de determinare a parametrilor unei scheme compuse din dipoli, stabilindu-se ecuaţiile fundamentale.

Este examinat apoi, pe un exemplu numeric, modul de calcul al unei scheme cu surse mixte, surse de tensiune şi surse de curent. Problema surselor mixte este foarte interesantă şi rezolvarea într-o singură ecuaţie matricială a ansamblului dă o mare simplificare.

Posibilitatea efectuării calculului prin matrici compuse este apoi examinată, situaţie care dă anumite avantaje în special atunci cînd schema prezintă anumite simetrii, ceea ce permite simplificarea calculelor şi economisirea timpului de lucru.

Pentru studiul regimului tranzitoriu se introduce transformata Laplace şi se arată cum se ţine seamă de condiţiile iniţiale. Sînt arătate două moduri de a reprezenta circuitul echivalent al unei reactanţe — inductive sau capacitive — şi totul este aplicat la un exemplu pentru care se dau cele două circuite echivalente corespunzătoare (care corespund în definitiv tipului de surse folosite — surse de tensiune sau de curent), precum şi matricile de impedanţă şi de tensiune pentru circuitul echivalent cu surse de tensiune.

Sînt apoi examinate schemele cu elemente comportînd legături magnetice; sînt date ecuaţiile corespunzătoare, studiul fiind făcut atît pentru scheme cu surse de tensiune, cît şi pentru acelea cu surse de curent. Matricile unei asemenea scheme sînt apoi stabilite şi este examinat cazul în care schema poate fi descompusă în dipoli sau în multipoli cu legături inductive.

Schemele cu tuburi electronice sînt discutate pe larg. După ce a definit un tub cu mai mulţi electrozi, se stabileşte matricea sa de admitanţă. Se defineşte „trioda ideală", prin definirea caracteristicilor sale şi matricea sa de admitanţă. Din această „triodă ideală", care este asemănătoare unei reţele primitive sau unei maşini primitive, se deduc apoi caracteristicile altor tuburi electronice folosite în realizarea schemelor electronice.

Sînt examinate apoi diferite scheme cu tuburi electronice pentru care se dau metodele de stabilire a matricilor corespondente.

Utilizarea semiconductoarelor în schemele electrice este apoi discutată, de asemenea, pe larg în capitolul care urmează. Sînt examinate mai întîi tipurile de tranzistoare utilizate şi parametrii lor, stabilindu-se ecuaţiile de funcţionare şi matricile corespunzătoare. Apoi se studiază schemele fundamentale ale tranzistoarelor şi utilizarea lor în diferite montaje. Autorul dă numeroase exemple, unele numerice, pentru care stabileşte matricile corespunzătoare, precum şi soluţia completă a problemei.

A treia parte a lucrării lui V. P. Sigorski este consacrată studiului critic al metodelor de analiză a schemelor electrice.

Se studiază mai întîi metoda circuitelor echivalente cu variantele sale, şi anume metoda circuitelor echivalente propriu-zisă, metoda reducerii, metoda circuitelor orientate, metoda multipolilor ideali.

Se studiază apoi metoda separării schemelor în subreţele formate din multipoli-tip şi în special aceea a separării în cuadripoli.

Aceste metode sînt ilustrate prin numeroase exemple, astfel încît să se poată vedea mai bine avantajele şi dezavantajele diferitelor metode.

În încheiere, autorul face o amplă analiză a metodei tensoriale a lui Kron.

După ce dă relațiile de bază ale acestei metode, face o analiză a criticilor aduse metodei lui Kron.

Examinînd baza fizică a rețelei primitive a lui Kron, autorul se alătură acelora care consideră această metodă (a rețelei primitive) ca neavînd nici o utilitate practică și că a spulberat toate speranțele care s-au pus în ea.

Lucrarea se încheie cu o amplă bibliografie, numărînd 323 de titluri.

Încercarea lui V. P. Sigorski de a da o metodă generală de analiză a schemelor electrice, utilizînd numai cele două teoreme ale lui Kirchhoff, este remarcabilă.

Într-adevăr, cele două metode de rezolvare a rețelelor, metoda tensiunilor nodale și metoda curenților de contur, derivă direct din cele două teoreme.

Ideea studierii în paralel a celor două metode este binevenită: cititorul se poate obișnui astfel de la început să lucreze cu ele și astfel nu va mai avea nici un fel de dificultate în utilizarea uneia sau celeilalte, după necesitățile sale și pentru economia lucrului său.

Deși lucrarea nu are un caracter didactic, de a iniția pe începător în aceste metode, un cititor nefamiliarizat cu ele le poate înțelege ușor și utiliza.

Utilizarea calculului matricial, acest instrument modern al inginerilor, dă posibilitatea de a stabili o metodă unitară pentru studiul schemelor electrice, abstracție făcînd de natura elementelor constitutive ale unei asemenea scheme.

De asemenea, studiul detaliat al schemelor comportînd elemente de natură diferită, elemente pasive, tuburi electronice și semiconductoare este foarte interesant prin faptul că cititorul poate să vadă imediat profitul ce-l poate trage din aceste scheme.

După părerea noastră, studiul ar fi fost mai complet dacă autorul ar fi studiat și schemele mașinilor electrice, care comportă oarecare particularități.

În ceea ce privește studiul comparativ al metodelor de analiză a schemelor, după părerea noastră, metodele de reducere (§ 68) și acelea ale circuitelor orientate (§ 69) nu pot fi considerate ca metode de analiză a schemelor electrice, ci numai pentru calculul acestor scheme în vederea determinării curenților. O metodă de analiză a circuitelor electrice, foarte interesantă și despre care autorul nu vorbește, este aceea a lui Richardson (indicația bibliografică 284), care ar fi putut fi discutată.

În ceea ce privește metoda lui G. Kron, nu împărtășim punctul de vedere al autorului. Într-adevăr, majoritatea acelora care au criticat această metodă, și în special circuitul său primitiv, uită că această metodă este bazată pe calculul tensorial și nu pe calculul matricial. Se pornește de la aceste rețele primitive, care trebuie înțelese într-un sens fizic bine definit, care se combină apoi într-un mod anumit pentru a se obține schema căutată și din care, cu ajutorul tensorului de conexiune și al formulelor de calcul stabilite, se găsesc elementele corespunzătoare. Nicăieri Kron nu indică operații cu $||C||^{-1}$ dacă această matrice nu există și simplificarea formulelor cu un vector poate fi făcută în anumite cazuri, totdeauna realizabile în ipotezele lui Kron (a se vedea în această privință: M. Denis-Papin et A. Kaufmann, Cours de Calcul Matriciel appliqué, A. Michel editeur, Paris 1957, p. 33—34).

Este de la sine înțeles că utilizarea metodei lui Kron nu are nici un sens de a fi aplicată în analiza schemelor simple, economia sa apărînd în studiul schemelor cu un mare număr de grade de libertate și folosind în acest scop o mașină de calcul.

Metoda de analiză a lui Kron dă rezultate deosebite la studiul schemelor mașinilor electrice.

Lucrarea lui V. P. Sigorski este remarcabilă și originală, atît ca prezentare cît și prin metoda propusă, pentru analiza schemelor electrice.

Această lucrare a fost susținută de autorul ei ca teză de disertație pentru obținerea titlului științific de doctor în științele tehnice la Institutul Politehnic din Kiev și recenzia de față constituie referatul de oponent pe care subsemnatul l-a făcut cu această ocazie.

Prof. dr. ing. **Ion S. Antoniu**

CZ 621.319.4

V. T. RENNE: **Condensatoare electrice,** Ed. Gosenergoizdat, Moscova—Leningrad, 1959, 602 p., 358 fig., 56 tab., 273 ref. bibl.

Față de rapida dezvoltare a construcției de condensatoare electrice de toate tipurile, atît în U.R.S.S. cît și în străinătate, s-a impus necesitatea reeditării lucrării de mai sus apărută în 1952. Această nouă ediție, completată cu dezvoltările teoretice și constructive din ultimii ani, are—prin caracterul său general și prin cuprinderea în același timp a aproape tuturor tipurilor de condensatoare—un caracter unic în literatura mondială de specialitate.

Autorul face clasificarea condensatoarelor electrice din două puncte de vedere:

1. *După domeniile de întrebuințare*:

1.1. În tehnica curenților tari, și anume: pentru îmbunătățirea factorului de putere, montaje derivație și serie; pentru absorbția de energie capacitivă din liniile de transport de înaltă tensiune; pentru protecția la supratensiuni; la construcția generatoarelor de impuls de curent și tensiune și, în sfîrșit, în circuitele de iluminat cu lămpi fluorescente.

1.2. În tehnica curenților slabi, și anume: în aparatura radiotehnică și în televiziune; în tehnica radiolocației, în telefonie și în telegrafie; în automatică și telemecanică; în tehnica mașinilor electronice de calcul și în sfîrșit în tehnica măsurătorilor electrice.

1.3. În domeniile neelectrotehnice ale tehnicii și industriei, și anume: în metalurgie, în tehnica medicală, în fotografie etc.

2. *După natura dielectricilor*, respectiv: gazoși, lichizi sau solizi, iar aceștia din urmă după caracterul organic sau anorganic al dielectricului. De altfel, după această din urmă clasificare sînt grupate și parte din capitolele cărții.

Primul capitol tratează pe larg caracteristicile generale ale condensatoarelor electrice, insistînd asupra fenomenelor de polarizare a dielectricilor.

Studiul proceselor de străpungere a dielectricilor la cald, la rece sau electrochimic se prezintă în funcție de variantele constructive ale condensatoarelor, dîndu-se o atenție deosebită condensatoarelor cu dielectricul compus: hîrtie—masă lichidă de impregnare. Ținînd seamă de metodele eficiente elaborate în ultimul timp cu privire la detectarea tensiunii de ionizare, autorul prezintă întîi teoria detectării analitice a pragului de ionizare în funcție de dimensiunile incluziunilor gazoase din interiorul dielectricilor și apoi rezultatele detectărilor experimentale prin metodele măsurării tangentei unghiului de pierderi și oscilografierii descărcărilor de înaltă frecvență.

Caracteristicile dielectrice, respectiv: constanta dielectrică, tangenta unghiului de pierderi și rezistivitatea volumetrică specifică ale diferitelor tipuri de izolații se studiază în funcție de parametrii fizici—temperatură, presiune etc.—prezentîndu-se un bogat material experimental.

Un paragraf întreg se dedică problemei influenței umidității asupra caracteristicilor electrice ale condensatoarelor și prezentîndu-se metode de protecție originale.

Ținînd seama de importanța economicității în construcția condensatoarelor de mare serie, autorul prezintă un studiu al indicilor tehnico-economici în funcție de gradientul de potențial de lucru, conectînd această problemă cu alegerea regimului termic optim.

Condensatoarele cu dielectrici gazoși, de tip etalon sînt prezentate pentru tensiuni pînă la 400 kV. În ce privește condensatoarele cu aer avînd capacitate variabilă, se insistă asupra tipului plat, determinîndu-se forma geometrică optimă.

În capitolul privind condensatoarele cu dielectrici organici solizi, se studiază în mod substanțial condensatoarele cu hîrtie și cu mase plastice. Dată fiind prioritatea pe care încă o mai au condensatoarele cu hîrtie impregnată în uleiuri minerale sau în lichide sintetice clorurate în tehnica curenților tari, se analizează pe larg comportarea dielectricilor respectivi în cîmpuri electrice puternice.

Condensatoarele pentru generatoarele de impuls de tensiune, realizate în unități pentru tensiuni pînă la 300 kV, sînt prezentate în variante diferite. Autorul arată importanța criteriului economic în determinarea intensității cîmpului

electric de lucru, în sensul alegerii unor valori mari în cazul aplicării unui număr total redus de impulsuri de tensiune.

În ultimul timp, în tehnica mondială se vădeşte tendinţa de înlocuire a uleiurilor minerale cu dielectrici lichizi sintetici de tipul: Sovol, Klofen, Aroclor, Piranol etc., insistîndu-se atît asupra laturii economice a problemei, cît şi asupra stabilităţii dielectricului în timp. Autorul prezintă posibilitatea folosirii materialelor clorurate chiar şi la condensatoarele de forţă, lucrînd la frecvenţe medii (1 000—8 000 Hz), aplicate la instalaţii de tratamente termice cu curenţi de înaltă frecvenţă.

Condensatoarele cu hîrtie metalizată, folosite pînă acum numai în circuite de curent continuu, tind să fie întrebuinţate în ultimul timp şi în curent alternativ. În special, în circuitele lămpilor pentru iluminatul fluorescent ele se dovedesc economice. De asemenea, se preconizează pentru viitor construirea condensatoarelor cu hîrtie metalizată în scopul îmbunătăţirii factorului de putere, însă cu materiale de impregnare speciale.

Ultimul capitol tratează condensatoarele electrolitice, cu armături din aluminiu şi din tantal.

Lucrarea este scrisă într-un stil concis şi este ilustrată cu numeroase diagrame şi fotografii.

Autorul, care a lucrat nemijlocit în industria de condensatoare din U.R.S.S. şi a contribuit substanţial la crearea fabricilor de specialitate, prezintă pe larg evoluţia construcţiilor condensatoarelor electrice. În afară de aceasta, prezentările au un caracter critic, arătîndu-se avantajele şi dezavantajele respective.

Totuşi, pentru a nu avea un caracter prea tehnicist, lucrarea cuprinde capitole care tratează pe larg probleme ale fizicii dielectricilor, electrotehnicii speciale, teoriei transmisiei căldurii, care au contingenţe cu calculul condensatoarelor.

Astfel în cap. 1, § 6, se prezintă toate tipurile de polarizare. O atenţie deosebită se dă polarizării spontane (segnetto-electrice), caracterizată printr-o polarizare foarte intensă.

Tot în cap. 1, § 11, autorul tratează problema comportării condensatorului în circuitul de curent alternativ. Ca o concluzie practică, se arată influenţa tipului de bobinaj ales — în construcţiile condensatoarelor de forţă — asupra valorii inductanţei proprii.

Problema compensării factorului de putere cu ajutorul condensatoarelor, se tratează în cap. 1,§14, prezentîndu-se studiul teoretic al compensării. Compensarea longitudinală — cu ajutorul condensatoarelor de forţă de tip special — metodă modernă de mărire a stabilităţii liniilor de transport de medie şi înaltă tensiune, se studiază critic, prezentîndu-se experienţa U.R.S.S. în această problemă.

Pentru prima oară în literatura de specialitate se tratează pe larg influenţa pierderilor în armături asupra pierderilor specifice totale ale condensatorului, respectiv tg δ. Tocmai cap. 1, § 15, prezintă formule şi scheme edificatoare.

Par. 26 al aceluiaşi capitol studiază problema transmisiei căldurii din condensator în mediul ambiant la diferite tipuri constructive. La condensatoarele folosite în circuite de medie frecvenţă (2 000—10 000 Hz), pentru compensarea factorului de putere la instalaţii de tratări termice, se studiază tipuri speciale de răcire: cu circulaţie intensă de apă prin serpentine metalice montate în interior, sau prin suprafeţe mărite de răcire realizate prin rînduri strînse de ondule exterioare.

Calculele sînt sistematic prezentate, regretabilă fiind lipsa exemplelor numerice.

Privită în ansamblu, lucrarea umple un gol în literatura de specialitate şi se adresează unui cerc larg de cititori. În afara inginerilor şi tehnicienilor care lucrează direct în cercetarea şi proiectarea diferitelor tipuri de condensatoare, cartea este preţioasă şi pentru tehnicienii care folosesc în domeniile lor condensatoarele electrice, în scheme diferite.

Ing. A. Bereu

Documentare

621.313. *Maşini electrice*

CZ 621.313.322.072.2 :621.318.3

Calculul unui generator sincron reglabil cu magneţi permanenţi [După L. M. Palastin: Vestn. Elektroprom. **30** (1959) 11, 39—45, 6 fig., 3 ref. bibl.]

În regimurile normale, excitaţia generatorului se efectuează prin acţiunea simultană a magnetului permanent şi a bobinei de compensaţie. Autoexcitarea se realizează de către magnetul permanent, iar stabilizarea tensiunii debitate, de către bobinajul de compensaţie.

Se prezintă calculul caracteristicilor de mers în gol ale generatorului, deducîndu-se relaţiile necesare. Din experimentările efectuate se trasează curbele rezultatelor din calcule analitice şi măsurători.

Se determină forţa magnetomotoare a bobinei de compensare în regim de sarcină, în ipoteza neglijării saturaţiei suplimentare a porţiunilor din circuitul magnetic al inductorului, condiţionată de acţiunea componentei longitudinale a forţei de magnetizare a reacţiei rotorului asupra fluxului de dispersie al inductorului.

Rezultatele arată că, pentru sarcinile apropiate de valoarea nominală, eroarea la calculul forţei de magnetizare a bobinei de compensaţie nu depăşeşte 2%.

A. B.

CZ 621.313.017.3

Pierderile superficiale în maşinile electrice. [După F. Provazník: Elektrotechn. Obz. **48** (1959) 11, 566—572, 2 fig., 2 tab.]

Precizia determinării acestor pierderi într-un tor sau cilindru masiv este ameliorată, ţinînd seamă de dependenţa permeabilităţii magnetice de inducţia magnetică. Influenţa saturaţiei se manifestă ca un factor care măreşte pierderile. Pentru toruri sau poli lustruiţi sînt deduse formule care completează cunoştinţele noastre actuale bazate pe rezultate experimentale. Din soluţia teoretică a problemei se constată influenţa proprietăţilor materialului, grosimii tolei şi pasului ancoşelor. Tabela anexată ilustrează situaţia actuală şi valabilitatea limitată a coeficienţilor utilizaţi în comparaţie cu coeficienţii deduşi teoretic.

A. S.

CZ 621.313.323.017.7

Studiul ventilaţiei şi încălzirii seriei unitare de generatoare cu puteri pînă la 100 kVA. [După A. M. Karapetian: Vestn. Elektroprom. **30** (1959) 11, 24—27, 2 fig., 3 tabele, 4 ref. bibl.]

Se studiază comparativ ventilaţia şi încălzirea noii serii de generatoare sincrone cu a unor generatoare de acelaşi tip, însă cu unele modificări constructive. Temperatura bobinajelor rotorului şi statorului se determină la sfîrşitul fiecărui regim prin metoda rezistenţei. În acelaşi timp, se măsoară viteza şi presiunea aerului. Generatoarele seriei de mai sus au următoarea scară de puteri: 5; 10; 20; 30; 50; 75 şi 100 kVA. Încercările se efectuează numai asupra generatoarelor de: 5; 50 şi 100 kVA.

Rezultatele arată că, deşi sistemul axial folosit este suficient de eficace, totuşi prin introducerea unor simple modificări se îmbunătăţeşte simţitor regimul de încălzire şi ventilaţie, fără modificarea principalilor indici tehnico-economici.

Modificările constructive — datorită economicităţii lor — se propun a fi imediat aplicate la noua serie de generatoare cu puteri pînă la 100 kVA.

În cursul studiului se elaborează o metodă de calcul, verificată pozitiv prin măsurători.

A. B.

621.314.2 *Transformatoare*

CZ 621.314.2.014.3 :621.316.313

Modelarea forţelor de scurtcircuit ale transformatoarelor. [După J. Kulda, J. Adam: Elektrotechn. Obz. **48** (1959) 11, 572, 275, 4 fig., 1 tab., 6 ref. bibl.]

Se prezintă analiza teoretică a legilor modelării pentru modelarea forţelor de scurtcircuit ale transformatoarelor. Principala influenţă asupra siguranţei la scurtcircuit este exercitată de forţa axială de scurtcircuit şi de aceea tratarea ei este făcută mai pe larg în articol. Legile deduse au fost verificate experimental pe un model al unui transformator trifazat la scara l_p 0,5. Se compară valorile măsurate pe model şi pe transformatorul real.

A.S.

CZ 621.314.21 :621.317.333.6

Încercări de înaltă tensiune pentru proiectarea transformatoarelor şi utilizarea rezultatelor. [După K. Walther: Elektrie **13** (1959) 9, 33—336, 8 fig., 3 ref. bibl.]

Mărirea tensiunilor de transport la 400 kV face necesară determinarea tensiunilor de impuls în înfăşurările transformatoarelor. Determinarea prin calcul este foarte laborioasă; mult mai simplă este determinarea cu ajutorul generatorului de impulsuri repetate. În acest scop este necesară o înfăşurare în mărime naturală sau un model electromagnetic micşorat la scară, în care capacităţile sînt reproduse prin condensatoare fixe. Abia după ce se cunoaşte repartiţia tensiunii de impuls a unei înfăşurări se poate reproduce în baia electrolitică înfăşurarea cu potenţialele din spirele şi straturile ei, trasîndu-se liniile de potenţial. Cîmpurile electrice sînt cîmpuri aproximativ omogene, între elemente ale înfăşurărilor situate la tensiuni diferite şi cîmpuri neomogene, la extremităţi. Modelele pentru cîmpuri omogene conţin în serie hîrtie şi ulei. Întrucît totdeauna este mai solicitat materialul cu constanta dielectrică mai mică, interesează numai canalele de ulei din sistemul izolant. Pentru cîmpurile neomogene se determină tensiunea iniţială a unei noi izolaţii de transformator prin comparare cu tensiunea iniţială a unui model de bobină măsurat. Se arată procedeul aplicat, precum şi consecinţele tehnologice ale rezultatelor măsurătorilor.

A.S.

621.315.6 *Materiale electrotehnice*

CZ 621.315.6.015.53

Determinarea rezistenţei maselor plastice la acţiunea descărcărilor superficiale. [După A. S. Gurov şi V. I. Koritzkii: Vestn.Elektroprom. **30** (1959) 11, 68—73, 4 fig., 2 tabele, 9 ref. bibl.]

Descărcările superficiale sînt cauzate de impurităţile sau umezeala depusă pe suprafaţa izolantului şi se pot ivi la tensiuni de cîteva ori mai mici decît tensiunea de conturnare. Sub influenţa căldurii degajate pe locurile unde apar scîntei, se produce o distrugere termică a masei plastice. În funcţie de compoziţia ei, această distrugere poate duce la rezultate diferite: în unele cazuri se degajează o anumită cantitate de carbon solid, creîndu-se punţi conductoare, iar în alte cazuri se produce o degajare abundentă de gaze.

Se descriu sumar metode folosite în tehnica mondială pentru determinarea rezistenţei la acţiunea scînteilor şi pe larg metoda folosită în U.R.S.S. Schema folosită are avantajul unei sensibilităţi ridicate şi funcţionează în felul următor: între electrozii ascuţiţi, situaţi la o distanţă de 10 mm pe suprafaţa materialului de încercat, se produc descărcări de o anumită periodicitate. Din primul circuit se formează o slabă descărcare prin scînteiere, incapabilă de a produce distrugerea masei plastice chiar prin acţiune repetată. Această descărcare este amplificată de către cel de-al doilea circuit, sub o tensiune de 20 kV. După aceasta, tot prin intermediul celui de-al doilea circuit se trece la verificarea calităţilor izolante superficiale ale materialului încercat. În funcţie de numărul de descărcări suportate de material, se determină rezistenţa la scîntei superficiale.

A.B.

CZ 621.315.553 : 621.356.4

Calităţile aliajelor din fier-crom-aluminiu pentru rezistenţe. [După S. R. Jelezniakova şi A. S. Tiskina: Vestn. Elektroprom. **30** (1959) 10, 19—21, 4 fig.]

Se prezintă două noi tipuri de aliaje pentru rezistenţe: EI 595 şi EI 626. Primul aliaj este folosit la fabricarea elementelor de încălzire ale cuptoarelor electrice cu temperaturi de lucru pînă la 1 200°C, iar cel de-al doilea pentru temperaturi pînă la 1 300°C. Aliajele prezintă următoarea compoziţie: $\leqslant$ 0,05 % C; $\leqslant$ 0,6 % Si; $\leqslant$ 0,3 % Mn; 21,5 $\leqslant$ $\leqslant$ 23 % Cr (pentru mărcile EI 626 26 — 28 %); $\div$ 0,6 % Ni; 4,5 — 5,1 % Al; $\leqslant$ 0,015 % S; restul Fe. Rezistenţa electrică a aliajelor este variabilă în timp. Încercările, efectuate după timp de 1 500 ore la temperaturi diferite, au arătat variaţia rezistenţei pînă la 10 %. Aliajele de mai sus avînd rezistenţe reduse la deformare, elementele de încălzire construite cu acestea se montează pe suporturi speciale ceramice. Încălzitoarele confecţionate cu conductoare de diametre mari (7 — 10 mm) se construiesc şi în formă de zig-zag. Pentru montajul şi repararea acestor elemente de încălzire se dau date tehnologice.

A.B.

CZ 621.315.616 :620.193.8

Studiul stabilităţii materialelor electroizolante sub acţiunea ciupercilor de mucegai [După N. O. Albitkaia şi A. N. Sapoşnikova: Vestn. Elektroprom. **30** (1959) 10, 54—59, 7 tabele.]

În construcţia aparatelor tropicalizate prezintă importanţă influenţa ciupercilor de mucegai asupra materialelor izolante. În acest sens se fac studii asupra materialelor organice stratificate, maselor plastice, uleiurilor minerale şi vegetale, lacurilor sintetice, materialelor anorganice etc.

Metodele de încercare sînt de două feluri, în funcţie de condiţiile de exploatare a aparatelor:

a. Încercarea în condiţii prevăzînd contactul direct dintre materialele studiate şi elementele care constituie mediul de întreţinere a ciupercilor.

b. Încercarea în condiţii eliminînd contactul direct al materialelor izolante cu elemente hrănitoare pentru ciuperci. În acest caz, mediul de alimentare este însuşi materialul izolant studiat. În lucrare se fac ambele tipuri de încercări.

Rezultatele încercărilor asupra materialelor izolante macromoleculare sintetice arată că, exceptînd cauciucul natural, toţi polimerii sînt rezistenţi la acţiunea culturilor de mucegai. Cît priveşte uleiurile vegetale (de ricin şi de in) folosite la modificarea răşinilor gliftalice sînt puţin rezistente la acţiunea ciupercilor.

Răşinile melamino-formaldehidice încercate la temperatura de 105°C arată oarecare acţiune a ciupercilor; în schimb cele tratate la 15°C confirmă influenţa regimului termic asupra acţiunii ciupercilor. Lacul bachelitic, tratat prin uscare la temperaturi între 60 şi 160°C, este foarte rezistent. Acelaşi rezultat s-a obţinut şi la răşinile epoxidice.

Cît priveşte materialele de umplere folosite la realizarea dielectricilor industriali, rezultatele sînt diferite. Banda de bumbac şi hîrtia impregnată nu sînt de loc rezistente. În schimb, materialele anorganice, şi anume banda de sticlă, azbestul, mica, talcul, caolinul şi făina de porţelan sînt foarte rezistente.

A.B.

CZ 621.315.612.6 — 494

Fibra (mătasea) de sticlă ca material de izolaţie şi construcţie în tehnica tensiunii joase. [După K. A. F. Schmidt: Elektrotechn. Z.—B. **11** (1959) 10, 391—397.]

Fibra de sticlă se compune din mai multe fibre elementare cu grosimi între 5 — 13 μ, poate fi toarsă şi serveşte la fabricarea a diferite produse necesare în electrotehnică şi în industria materiilor plastice. Din punctul de vedere al rezistenţei termice fibra de sticlă, care nu este inflamabilă şi care se topeşte la 850°C, este superioară tuturor fibrelor textile. Articolul tratează apoi celelalte însuşiri ale fibrei de sticlă: rezistenţa mecanică, conductibilitatea termică etc. Se arată astfel că rezistenţa la rupere raportată la greutate întrece pe aceea a oţelurilor speciale obişnuite. După însuşirile

dielectrice urmează considerații privind combinația cu rășini sintetice.

Sînt descrise apoi materialele izolante fabricate din fibră de sticlă, precum și diferitele utilizări la conducte și cabluri de tot felul. În schemele imprimate, fibra de sticlă joacă de asemenea un rol important, fiind combinată cu diferite rășini, după condițiile (temperatură, umiditate etc.) în care sînt uti izate.

O tabelă indică diferitele însușiri ale unei serii de rășini (epoxid, melamin, silicon etc.), întărite cu fibră de sticlă și utilizate apoi în construcția de aparate. Urmează directive privitoare la construirea de aparate din astfel de materiale, precum și exemple de utilizare a rășinilor consolidate cu fibre de sticlă: stîlpi pentru antene, carcase de aparate, oglinzi parabolice pentru măsurători radiotehnice (la care combinațiile rășină-fibră formează materialul de construcție), abajure pentru corpuri de iluminat supuse acțiunilor chimice, protecții contra gheței la antenele de radiolocație ș. a.m.d.

G.C.

CZ 621.315.623.001.4

Dificultățile și condițiile folosirii porțelanului de înaltă tensiune. [După H. Hübner: Elektrie **13** (1959) 9, 340—344, 17 fig.]

Folosirea porțelanului în construcția aparatajului de înaltă tensiune a fost întîmpinată cu scepticism din cauza proprietăților mecanice, care nu sînt la nivelul calității de izolant electric. Solicitările mecanice sînt de două feluri: *1*) solicitări mecanice pure (încovoiere), *2*) solicitări climatice. Studiul armării izolatoarelor arată că, pentru obținerea unei rezistențe mecanice cît mai mari, armarea trebuie făcută cu cea mai mare atenție. O neglijență poate anula creșterea rezistenței masei ceramice. În afară de aceasta, folosirea rațională a tensiunilor adiționale permite o mult mai bună utilizare a rezistenței materialului ceramic, așa cum o arată mărirea rezistenței la încovoiere cu 100%. Din publicații anterioare se constată o creștere a rezistenței proprii a materialului cu 25%. De aceea, se cere ca, îmbunătățindu-se în continuare materialele ceramice, să se urmărească constanța și reproductibilitatea modulului de elasticitate, a coeficientului de dilatație termică, care au cea mai mare influență asupra armării.

A.S.

CZ 621.315.337.5 : 678.84 : 621.313.048

Siliconii în construcția de mașini electrice. [După H. Kallas: Elektrot. Z.—B. **11** (1959) 10, 398—404.]

Conductele cu secțiune rotundă pentru bobinaj se izolează cu fibră (mătase) de sticlă impregnată cu rășini de silicon sau altele. Un pas mai departe — mai ales din punctul de vedere al rezistenței la temperaturi mai înalte — îl reprezintă combinația dintre țesătura cu fibră de sticlă și de poliester. Este descris apoi „Silophan"-ul, care — conform tabelei și diagramelor prezentate — este superior izolațiilor de mai sus. Pentru conductele cu secțiunea profilată, utilizate în special la bobinajele motoarelor de înaltă tensiune joacă un rol principal elasticitatea, la care „Silophan"-ul nu mai corespunde.

Pentru conductele lăcuite ale motoarelor mici se utilizează în ultimii ani lacuri din combinații de silicon, ale căror caracteristici sînt date în tabele. La sarcina nominală a motoarelor izolațiile descrise rezistă la 90—100°C.

În ce privește izolarea ancoșelor, este descrisă evoluția materialelor care urmau să înlocuiască prespanul. Două tabele indică și aici datele caracteristice pentru hîrtia din fibră de sticlă cu liant din rășină-silicon sau cauciuc-silicon.

Izolarea bobinelor prefabricate sau a barelor, care se execută actualmente cu micafoliu, suferă de asemenea transformări prin realizarea produselor „Silco-Flex" etc., care se aplică prin înfășurare (în loc de presare) și care rezistă la tensiuni de 4 kV în statorul motorului.

Este tratată apoi izolarea capetelor de bobine, arătîndu-se însușirile cauciucului-silicon și ale rășinilor-silicon pentru această izolare. De asemenea, sînt date cîteva exemple pentru diferite piese executate din fibră de sticlă sau mică cu rășină-silicon și necesitate în mașinile electrice.

Articolul se încheie cu considerații privind unsorile și uleiurile-silicon.

G.C.

CZ 621.315.616.96 :621.316.5.048

Materiale sintetice în aparatajul electric de joasă tensiune [După H. Hoffmann și A. Pfeiffer, Elektrot. Z.—B. **11** (1959) 10, 405—409].

Pe lîngă vechile materiale izolante (marmoră, azbest, mică etc.) se utilizează actualmente materiale sintetice cu calități speciale.

Astfel, materialele din rășină fenolică prelucrate prin presare au schimbat — datorită însușirilor lor mecanice, electrice și termice — aspectul aparatelor. Sînt date unele detalii constructive ale aparatelor, după care urmează considerații privind utilizarea rășinii melaminice, a rășinii alchidice și a materialelor presate din poliester cu schelet din fibră de sticlă.

Termoplastele nu au rezistența termică a rășinilor de mai sus. Dintre termoplastele utilizate cu succes sînt indicate: polipropilena cu o rezistență superioară polietilenei, policlorura de vinil cu domeniul ei larg de utilizare, poliacrilatul transparent, poliamida caracterizată prin duritatea ridicată etc.

Pe lîngă materialele complet sintetice, sînt utilizate și derivate din celuloză sub formă de foi, benzi și hîrtie, pentru care urmează detalii de confecționare și utilizare. Hîrtiile și textilele impregnate ca și țesăturile din sticlă își găsesc o largă întrebuințare la materialele presate în straturi. Aci se utilizează rășina pe bază de fenol, silicon etc.

Considerațiile care urmează privesc rășinile de turnat, de lipit metalele între ele sau cu alte materiale, lacurile izolante cu utilizările lor și, în sfîrșit, diferitele procedee de încercare a izolației, rezistenței termice și inflamabilității la materialele descrise în articol.

G.C.

621.316.5 *Intreruptoare*

CZ 621.316.5.014.36.066.6

Relația între tensiunea și temperatura de contact, în contacte de curenți tari solicitate timp scurt. [După G. Hilgarth: Elektrotechn. Z.—A. **79** (1958) 13, 464—468, 5 fig., 6 ref. bibl.]

Lucrarea reprezintă al doilea extras *) din disertația autorului, susținută la Politehnica din Braunschweig. Plecînd de la schema clasică a contactului punctiform idealizat (dispersie sferică), autorul stabilește întîi o formulă pentru tensiunea de contact și limita ei de topire la sarcini staționare. Calculul repartizării inițiale a temperaturii la sarcini de impuls (cu neglijarea echilibrării prin conductivitate și a variației cu temperatura a căldurii specifice) permite deducerea unei expresii aproximative pentru repartizarea inițială a temperaturii, impulsul dreptunghiular fiind presupus suficient de scurt. Astfel se deduce o formulă a tensiunii de contact, care ține seamă de variația rezistivității cu temperatura și este valabilă numai la impulsuri foarte scurte. Între această repartizare și cea staționară, autorul introduce o aproximație exponențială, care la limite se confundă cu cele două repartizări deduse. Această ipoteză dă posibilitatea aprecierii duratei sarcinilor de curent admisibile în zona intermediară, în care intervine și conductivitatea. Se examinează și creșterea temperaturii la curent sinusoidal, trasîndu-se curbele calculate ale tensiunii de contact a curentului și a temperaturii. Se constată că repartizarea staționară se atinge după un impuls dreptunghiular de numai 1 ms, deci calculul fenomenelor tranzitorii se impune numai la descărcări de condensatoare, unde de impuls. Măsurarea tensiunii de contact în aceste condiții întîmpină mari dificultăți din cauza apariției unor tensiuni parazite.

A. A.

Hilgarth G.: *Despre curenții—limită în contacte electrice* staționare Elektrotechn. Z.— A. 78 (1957), 211—217.

CZ 621.316.57.066.6

Influența formei contactelor asupra limitei de topire la aparate de conectare de joasă tensiune. [După G. Stotzke: Dtsche Elektrotechn. **12** (1958) 5, 152—158, 9 fig., 6 ref. bibl.]

Cunoașterea fenomenelor fizice din contacte este absolut necesară proiectanților și constructorilor de aparate, condițiile tehnice impuse modelelor moderne fiind din ce în ce mai stricte.

În intenția de a contribui la îmbunătățirea constructivă a întreruptoarelor prin lămurirea fenomenelor complexe din contactele de întrerupere, autorul reamintește pe scurt cele mai importante dintre aceste fenomene: existența unei tensiuni-limită de topire, creșterea suprafețelor de contact, apariția forțelor electrodinamice dintre contacte în funcție de forma lor, vibrarea elastică și vibrarea datorită mișcării de rostogolire, forțele electrodinamice exercitate asupra arcului electric etc. Prin experiențe în care contacte de diferite forme au fost supuse unor sarcini puternice de curent continuu, curba curentului și tensiunii de contact oscilografiindu-se cu un osc lograf cu bucle, autorul a căutat să evidențieze parametrii și formele favorabile ale contactelor. Se constată că, pentru a micșora forțele de deslipire a contactelor, barele purtătoare de contacte trebuie să fie cît mai divergente, ceea ce favorizează și autosuflarea magnetică a arcului. Contactele cu profile rotunjite au o tendință mai mică de a se suda decît cele plane. Fenomene calitativ similare apar și în contacte mișcate cu sau fără rostogolire. La anclanșarea pe scutcircuite rezistența inițial mare, împreună cu fenomenele de vibrație a contactelor, favorizează sudarea și perlarea lor în dauna unei bune exploatări.

Pe baza cunoștințelor acumulate, un întreruptor de protecție a motoarelor, la care contactele se topeau la un curent de 600 A, s-a transformat, prin modificări constructive, într-un disjunctor care este în măsură să rupă reglementar un curent de 1 500 A la un factor de putere cos $\varphi = 0{,}7$.

A.A.

CZ 621.316.57.066.6

Material de contacte din cadmiu-argint și argint-oxid de cadmiu. [După R. Richter: Maschinenwelt Elektrotechnik, (1959) 11—12, 262—263.].

Folosirea cu succes a aliajului pentru contacte din AgCd, pe scară largă în ultimii ani, a scos la iveală unele dezavantaje ale acestui material: închiderea contactelor la început pe curenți mari duce la sudarea acestora, contactele capătă siguranță de funcționare numai după cîteva anclanșări sub curent mărit, după formarea lacului de contact (oxidarea cadmiului).

Această constatare a dus la folosirea materialului pentru contacte, atît aliat cît și sinterizat, pe bază de Ag cu CdO. Căile propuse de autor pentru a introduce oxidul de cadmiu în masa de argint sînt două: producerea contactului ca material sinterizat prin prepararea și sinterizarea unui amestec din pulbere de Ag și CdO și oxidarea aliajului de AgCd printr-o tratare la incandescență. Materialul obținut prin prima metodă (sinterizare), foarte cerut în ultima vreme, nu îndeplinește speranțele puse în el. Rezistența la ardere și tendința de sudare prezintă o mică îmbunătățire față de argintul fin, iar prelucrarea acestui material nu se poate face decît prin așchiere. A doua metodă, oxidarea la incandescență, creează pe întreaga suprafață a contactului o zonă din Ag și CdO repartizată uniform. Aceste contacte sînt foarte sigure, atît la prima conectare, cît și la suprasarcină mare. Dintre toate materialele de contacte pe bază de Ag, ele au arderea cea mai mică și cea mai mică tendință de sudare.

Pe baza acestor proprietăți foarte bune, firma Kammerer A. G. a produs materialele de contact pe baza aliajului AgCd oxidate KS 100 și KS 150. KS 100, material de cea mai redusă ardere și sudare, este folosit în scopuri foarte variate. KS 150, material de cea mai mică sudare și ardere redusă, se folosește în special în circuitele cu sarcină capacitivă. Ca proprietăți fizice ale acestor materiale se dau duritatea Brinell, circa 80—85 kg/mm² și conductibilitatea electrică, 40—50 Siemens.

Fabricarea contactelor se poate face atît prin tratarea la incandescență, cît și prin introducerea cadmiului deja oxidat, procedeul nefiind nici necesar, nici dorit, întrucît sînt suficiente zone de oxid de 50 μ, iar în cazuri rare de 100—150 μ. Grosimea oxidului, în cazul tratării la incandescență, se variază prin variația temperaturii și duratei incandescenței.

B.I.

621.317 *Măsuri electrice*

CZ 621. 317.333.6

Evoluția încercărilor instalațiilor electrice cu tensiuni foarte înalte. [După R. Cizek: Elektrotechn. Obz. **48** (1959) 10, 536—538, 1 diagr., 1 tab., 5 ref. bibl.]

Se face o trecere în revistă a evoluției încercărilor instalațiilor electrice la tensiuni foarte înalte și a evoluției surselor de curent folosite la încercări. Se tratează apoi dimensionarea unei surse de curent alternativ și de impuls, cum și a unei hale de laborator, în funcție de cele mai mari tensiuni de serviciu adică 420, 550 și 660 kV. Se dă o tabelă cu datele a 23 laboratoare de renume mondial cu parametrii remarcabili ai surselor de curent, în comparație cu laboratorul cehoslovac de foarte înaltă tensiune.

A.S.

CZ 621.317.728

Precizia eclatorului cu calotă sferică la înaltă tensiune alternativă. [După W. Frischmann: Elektrie **13** (1959) 9, 322—327, 14 fig., 1 tab., 4 ref. bibl.]

Eclatoarele cu sfere se întrebuințează pentru măsurarea tensiunii înalte alternative, de impuls și continue. Există însă și posibilitatea ca aceste eclatoare să constituie capacitățile unui divizor de tensiune. De aici a rezultat eclatorul cu calotă sferică, despre care VDE 0430 nu spune nimic clar. Erorile de măsură din ultima vreme au aruncat însă îndoiala asupra calităților metrologice ale acestor eclatoare. În cadrul unui contact de colaborare între Școala Politehnică din Dresda și VEB Transformatoren-und Röntgenwerk Dresden au fost întreprinse cercetări la laboratorul de înaltă tensiune al școlii, asupra cauzelor acestor erori. Articolul descrie experiențele cu aparatura folosită și rezultatele obținute. S-a ajuns la următoarele concluzii: *a*) principial se pot construi eclatoare cu calotă sferică, care la tensiune alternativă să nu prezinte o dispersie mai mare de $\pm 3\,\%$ a rezultatelor, cît admite DIN 57430; deci eclatorul cu sfere cu calotă ar putea fi acceptat pentru măsurarea după VDE a tensiunii alternative înalte; *b*) mărimea eventualei erori de tensiune depinde de ajustajul x al calotei, de unghiul calotei ω și de faptul dacă există o muchie a sferei sau a calotei; *c*) eroarea de măsură la un anumit unghi al calotei este dată în funcție de ajustajul x; *d*) se recomandă un unghi de 60—70° al calotei și se recomandă o toleranță negativă pînă la $x = -3$ mm, conform cu VDE; *e*) întrucît DIN 57430 nu precizează, ar fi necesare completări VDE pentru admiterea eclatoarelor cu calotă sferică la măsurarea tensiunilor.

A.S.

CZ 621.317.331

O metodă simplă de măsurare a rezistențelor ohmice foarte mari. [După B. I. Ivanov: Izmeritelnaia tehnika 1959 (10), 27—28.]

După ce se prezintă domeniul tot mai variat în care se întrebuințează rezistențe de ordinul $10^9\ \Omega$ sau și mai mari, autorul descrie o metodă de măsurare a lor. Rezistența necunoscută r_x se leagă în paralel cu un condensator și un electrometru. Indicînd succesiunea operațiilor care trebuie efectuate ca și justificarea analitică a lor, autorul ajunge la următoarea formulă:

$$r_x = 10^{12} \frac{t}{C \ln \frac{U_2}{U_1}}$$

în care t se exprimă în secunde, C în pF, iar r_x rezultă în Ω. Raportul $\frac{U_2}{U_1}$ se determină simplu, pe scala electrometrului. Tensiunea bateriei de alimentare este de circa 20 V.

Se arată că precizia măsurătorilor a fost bună.

Fl.T.

CZ 621.317.752.082.52

Un nou sistem fotoelectric al instrumentelor electrice de măsură pentru limitarea valorilor. [După K. P. Weber]: Elektrotechn. Z. — B, **11** (1959) 6, 253—257].

Pentru ca, la atingerea unei valori (minime sau maxime), să se dea un semnal sau o comandă pornind de la instrumentul de măsură, există atît sisteme pur mecanice, unde chiar acul instrumentului realizează un contact electric prin atingerea lui cu un punct fix, cît şi metode mai noi — prin înaltă frecvenţă sau celule fotoelectrice, la care comanda necesară se dă fără ca acul instrumentului să fie frînat mecanic prin vreo atingere sau frecare. La primul sistem, cuplul acului de măsură este suficient de mare ca să producă în dreptul valorii maxime un contact de comandă; în al doilea caz, în care atingerea acului de măsură de contactul acului fix (de exemplu maximum) închide doar un curent ajutător (cu sursă proprie), care la rîndu-i provoacă semnalul sau comanda dorită.

Sistemul al doilea evită atingerea acului arătător de orice alt contact şi păstrează astfel precizii. Se descrie pe scurt un sistem, la care un mic ecran fixat pe acul instrumentului întrerupe reacţia dintre două bobine ale unui circuit oscilant de înaltă frecvenţă. Curentul oscilant redresat comandă apoi (eventual prin intermediul unui amplificator) un releu ajutător, care transmite comanda mai departe.

Un alt sistem se bazează pe fenomenele fotoelectrice, fie cu celule de seleniu, fie cu fotorezistenţe. Se descrie în amănunt un instrument, la care două ecrane fixate în direcţii opuse pe acul arătător produc o umbră pe două rezistenţe (aşezate la gradaţia maximă şi minimă) şi iluminate în mod normal prin raze de lumină provenind tot din instrument şi dirijate spre ecranul acestuia. Se descriu amănunţit atît funcţionarea acestui „Contactor de măsură Pantam", cît şi variantele lui de execuţie.

G.C.

621.318 *Aplicaţiile industriale ale magnetismului*

CZ 621.318.4.017.7

Determinarea temperaturii maxime a bobinajelor aparatelor electrice. [După M. A. Liubcik: Vestn. Elektroprom. **30** (1959) 11, 19—23, 2 fig., 2 tabele, 3 ref. bibl.]

Se prezintă o metodă tehnică pentru determinarea temperaturii maxime, folosind date experimentale pentru temperaturile medii şi de la suprafaţa bobinajelor şi calcule analitice pentru determinarea diferenţei temperaturilor dintre punctul din interior şi suprafaţa bobinajului.

Se impun următoarele condiţii generale: *1*) distribuţia temperaturilor în diferitele secţiuni radiale ale bobinajelor este uniformă; *2*) construcţia bobinajului, compusă din metal, izolaţia conductoarelor, compound, distanţieri etc., se consideră ca un corp omogen, cu un coeficient de conductibilitate termică uniform, nedepinzînd de variaţia temperaturii.

Se deduc formule de calcul, arătîndu-se şi exemplificări.

Verificarea experimentală se face cu ajutorul termocuplelor din cupru-constantan montate în diferite straturi ale bobinajelor.

Din rezultate reiese că diferenţa maximă de temperatură dintre punctul cel mai cald al bobinajului şi mediul exterior este de 54,5°C; temperatura medie, calculată după variaţia rezistenţei bobinajului, are valoarea 59,3°C. Temperatura suprafeţei bobinajului se determină ca media a zece măsurători (în diferite puncte ale bobinajului) şi este de 52°C. Încercările se fac la o temperatură a mediului ambiant de 16°C.

A. B.

CZ 621.318.22 :621.314.2

Despre eficacitatea economică a folosirii tolei cu granulaţie orientată în construcţia transformatoarelor din R.D.G. [După I. Popov: Elektrie **13** (1959) 9, 337 — 339, 2 diagr., 5 tab., 7 ref. bibl.]

Folosirea tablei orientate la construirea transformatoarelor duce la mişcarea greutăţii circuitului magnetic, la reducerea pierderilor în gol, a curentului de mers în gol şi a pierderilor de scurtcircuit, ceea ce se obţine prin mărirea greutăţii înfăşurărilor. Această mărire a greutăţii înfăşurărilor şi preţul mai mare al tolei orientate scumpesc transformatoarele cu tablă orientată faţă de cele cu tablă laminată la cald. Această mărire a preţului de cost este însă compensată în cîţiva ani de costul mai redus al exploatării. Calculul eficacităţii economice a transformatoarelor cu tole orientate duce la următoarele concluzii: *1*) investiţiile de 200—250 milioane mărci (DM) pentru construirea unei fabrici de tolă orientată în R.D.G. pot fi amortizate în maximum şase ani, prin eficacitatea economică a noilor transformatoare; *2*) aproximativ 2/3 din eficacitatea economică la folosirea tolei orientate provine din transformatoarele pînă la 1 600 kVA, aproximativ 6 % din transformatoarele de 2—10 MVA şi restul din unităţile peste 10 MVA, ceea ce obligă să se folosească tola orientată mai ales la transformatoarele de putere limită, întrucît acolo problema transportului este deosebit de acută. În al doilea rînd, această tolă ar trebui folosită pentru transformatoare pînă la 1 600 kVA. Pentru restul transformatoarelor trebuie dezvoltată o construcţie de tranziţie cu tolă laminată la cald sau cu o combinaţie de tolă laminată la cald şi tolă orientată.

A.S.

621.319.4 *Condensatoare*

CZ 621.319.42 .620.197.7 :546.883

Condensatoare imprimate cu tantal. [După R. W. Berry, D. J. Sloan: Proc. Inst. Rad. Eng. **47** (1959) 6, 1070—1075, 10 fig.]

S-a considerat multă vreme imposibil sau nepractic să se facă condensatoare cu oxid de tantal aplicînd un contraelectrod metalic direct pe o peliculă de oxid de tantal. Încercările în această direcţie au dus fie la scurtcircuite directe, fie la rigiditate dielectrică mică. Din această cauză s-a presupus că era esenţial să se folosească în structura catodului un electrolit sau un semiconductor. Folosind pelicule de tantal stropite cu bază pentru pelicula de oxid anodizată, au fost obţinute rezultate excelente cu contraelectrozi metalici vaporizaţi. Multe proprietăţi ale pieselor confecţionate astfel sînt superioare acelora ale altor tipuri de condensatoare cu tantal. Capacităţile obţinute sînt comparabile cu relaţiile capacitate—suprafaţă ale condensatoarelor electrolitice cu tantal formate la aceleaşi tensiuni. Scurgerile în c.c. au fost găsite ca fiind mult mai mici decît valorile pentru condensatoarele electrolitice cu tantal. Un alt avantaj este că aceste piese rezistă la tensiuni mai mari decît ar rezista condensatoarele electrolitice solide cu tantal formate la aceeaşi tensiune. Într-adevăr, condensatorul poate suporta fără străpungere tensiuni egale cu tensiunea de amortizare. Au fost fabricate şi condensatoare cu pelicule subţiri de alte metale anodizabile, în special aluminiu vaporizat. Acest tip de condensator găseşte multe aplicaţii în domeniul capacităţilor mici şi pare ideal pentru folosirea în tehnica circuitelor imprimate.

A.S.

621.32 *Iluminat electric*

CZ 628.977 :621.316.37

Iluminatul în camerele de comandă. [După W. Sinn: Elektrotechn. Z. — B, **11** (1959) 5, 224—227.]

Cu toate că încăperile de comandă sînt luminate mai bine decît o sală de cazane, condiţiile puse unui iluminat al încăperilor de comandă nu sînt de multe ori satisfăcătoare nici cantitativ nici din punctul de vedere al siguranţei. Trebuie avut în vedere că fenomenul orbirii, produs de corpurile de iluminat improprii împiedică supravegherea celulelor, iar utilizarea de lămpi portative, atît la supravegherea în exploatare cît şi în cazul reparaţiilor, contravine de cele mai multe ori prescripţiilor de protecţie a muncii.

Rezultate bune a dat un sistem la care tuburi fluorescente executate în lungimi egale cu lăţimea celulei de înaltă tensiune se montează orizontal pe marginea de sus a cofretelor (dulapurilor) de deservire, înşirate pe ambele părţi ale coridorului de comandă ale unei staţii de distribuţie. Montajul tuburilor respectă toate prescripţiile de siguranţă.

Se dau descrieri, inclusiv fotografii ale acestui sistem, care realizează în acelaşi timp iluminatul coridorului de comandă al celulelor şi al coridorului din spate.

Se dă apoi o soluţie pentru cazul că o instalaţie existentă nu dă un iluminat suficient şi trebuie completată.

Se descrie, de asemenea, instalaţia de iluminat a unei staţii noi de 110 kV.

În privinţa staţiilor în aer liber părerile sînt împărţite privitor la necesităţile cantitative (numărul de lucşi). După discutarea unor soluţii se ajunge la un compromis provizoriu constînd în reflectoare aşezate pe marginile staţiilor, aceste reflectoare trebuind să fie uşor accesibile şi uşor pliabile (fără dispozitive speciale) în toate direcţiile.

G. C.

621.34 *Acţionări electrice*

CZ 621.34 :621.316.718.5 :676.2.052

Acţionările reglate la maşinile de hîrtie. [După Dénes Gábor: Electrotechn. Z.—B, **11** (1959) 5, 211—216.]

Problemele dificile ale acţionării automate la o maşină de hîrtie rezultă din dimensiunile şi condiţiile de lucru ale unei astfel de maşini. De multe ori o maşină de hîrtie întrece lungimea de 100 m, avînd la un capăt sita de circa 7 m lăţime, pe care cade fără întrerupere amestecul de apă-celuloză, iar la celălalt capăt tamburul, pe care se înfăşoară cu o viteză pînă la 50 km/h hîrtia gata fabricată. Avînd apoi în vedere mai mult de 20 de grupe de acţionare cu un raport al maselor de inerţie de 1 : 1 000 şi faptul că eroarea de reglaj nu trebuie să depăşească 0,05 %, ne putem da seama de condiţiile puse acestor acţionări.

După o schiţare sumară a procesului tehnologic dintr-o maşină de hîrtie, sînt descrise trei sisteme de antrenare:

1) Acţionarea printr-un singur electromotor de c.c. alimentat dintr-un grup convertizor. Electromotorul antrenează prin curele (cu roţi conice etc.) diferitele grupuri de acţionare, care sînt înzestrate şi cu acţionări secundare, reglate în funcţie de putere sau de curent.

2) Acţionarea prin mai multe electromotoare cu un generator Leonard comun. Avem de-a face aici cu două probleme de reglaj diferite:

a) Reglajul vitezei de lucru, care poate varia din cauza inconstanţei frecvenţei din reţea, din cauza ruperii benzii de hîrtie în calandre etc. Este arătată o schemă a unui regulator de frecvenţă şi se compară acest fel de reglaj cu cel învechit al reglajului tensiunii.

b) Reglajul tensiunii hîrtiei între diferitele grupe. Pentru ca vitezele relative ale diferitelor grupe de acţionare şi tensiunea hîrtiei dintre diferitele grupe să corespundă cerinţelor tehnologice, sînt utilizate trei sisteme de reglaj:

— reglajul vitezei cu generator-tahometru la fiecare motor;

— reglajul unghiular, care în funcţie de frecvenţa diferitelor motoare şi a unei frecvenţe conductoare se realizează printr-un sincronoscop şi

— reglajul mixt, care reprezintă o combinaţie a celor două reglaje de mai sus.

Cu ajutorul unor scheme sînt descrise fiecare din cele trei sisteme de reglaj.

3. Acţionarea prin mai multe „blocuri" compuse fiecare din electromotorul de acţionare cu generatorul său Leonard. Aici se face uz de reglajul mixt de mai sus (reglajul vitezei + reglaj unghiular). Sînt indicate avantajele acestui sistem cu „blocuri", arătîndu-se la sfîrşit diferite măsurători în legătură cu acest reglaj.

G. C.

621.355 *Acumulatoare*

CZ 621.355.8.015.2

Surse de curent de tensiune continuă [După E. A. Mendjeritkii: Vestn. Elektroprom. **30** (1959) 10, 59—62, 2 fig., 2 tabele, 3 ref. bibl.]

Se prezintă avantajele elementelor alcaline din oxid de mercur în construcţie ermetizată, şi anume: caracteristici specifice superioare (pînă la 300 Wh/l), stabilitate ridicată şi calităţi mecanice. Singurul dezavantaj ar fi costul relativ ridicat.

Folosirea elementelor de mai sus dă posibilitatea creării unor dispozitive de măsurări electrice portabile.

Se studiază variaţia forţei electromotoare şi a tensiunii elementelor în funcţie de timpul de păstrare şi gradul de descărcare. Se arată că timpul de atingere a valorii tensiunii efective poate fi sensibil micşorat, dacă se efectuează în prealabil descărcarea elementelor la curenţi normali şi la 10—20 % din capacitatea sa nominală.

Influenţa temperaturii asupra forţei electromotoare şi asupra tensiunii elementelor, sub curenţi mici, se efectuează în intervalul +50...—60°C. La fiecare treaptă de temperatură, elementele se menţin circa şapte zile, timp necesar pentru atingerea valorii tensiunii efective. Coeficientul termic al forţei electromotoare la 20°C este 0,003 %/°C.

În concluzie, se arată că, datorită rigidităţii mecanice ridicate, dimensiunilor reduse şi posibilităţii funcţionării în oricare situaţie, elementele alcaline din oxidul de mercur pot fi cu succes folosite ca etaloane de comparaţie şi surse de curent în diverse dispozitive transportabile, regulatoare automate etc.

A. B.

CZ 621.355.21 :547.57

Influenţa argintului asupra coroziunii anodice a plumbului şi a aliajelor din plumb-antimoniu în acid sulfuric. [După I. A. Aguf şi M. A. Dasoian: Vestn. Elektroprom. **30** (1959) 10, 62—67, 14 fig., 9 ref. bibl.]

În industria acumulatoarelor cu plumb se pune problema măririi rezistenţei la coroziune a grilelor electrodului pozitiv. În acest sens se tinde la introducerea argintului în aliajul din plumb-antimoniu, folosit în prezent. Concentraţia argintului în aliaj variază în limitele 1—10 %. În lucrare se prezintă aliaje din următoarele metale: plumb marca CO, antimoniu marca CyO şi argint marca 9999, arătîndu-se şi caracteristicile mecanice ale aliajelor obţinute.

Încercările la coroziune cu aliajele de mai sus se fac după metoda potenţiometrică-statică. Se folosesc trei valori de potenţial: 10, 1,2 şi 1,4 V. Pentru determinarea cineticii oxidării aliajelor din plumb, se folosesc curbele variaţiei curentului în funcţie de timp, pentru un anumit potenţial.

Rezultatele încercărilor arată că adăugarea argintului în aliaje influenţează în mod simţitor asupra proceselor de oxidare.

Se mai arată că aliajele conţinînd nu mai mult de 3 % argint sînt cele mai indicate pentru construcţia grătarelor electrozilor pozitivi ai acumulatoarelor cu plumb. La mărirea concentraţiei de argint cu peste 3 % se observă creşterea coroziunii aliajului.

A. B.

621.365.4 *Rezistenţe de încălzire*

CZ 621.365.4.036.662.21.3

Rezistenţe metalice în aparate electrotermice. [După Schumacher V.: Elektrowärme **17** (1959) 9, 332—338, 14 fig., 3 tab., 11 ref. bibl.]

Materialele din grupele de aliaje Fe Ca Al şi Ni Cr (Fe) sînt mult utilizate la fabricarea conductoarelor pentru rezistenţele de încălzire din aparatele electrotermice. Cunoaşterea proprietăţilor fizice şi tehnologice ale diferitelor materiale ajută la obţinerea celor mai bune performanţe. În afară de durată, determinată după metoda VIW (sau după altă metodă), rezistivitatea, coeficientul de temperatură, cum şi proprietăţile mecanice la temperatura ambiantă şi la temperaturile de lucru, joacă de asemenea un rol important. Se foloseşte o metodă în care un conductor rezistiv de 0,40 mm Ø este spiralizat, iar spirala este încălzită prin trecerea curentului timp de 2 min şi apoi este răcită pînă la temperatura camerei. Temperatura de încercare este menţinută constantă în general la 1 050°C. Această încercare corespunde condiţiilor din practică, printre care şi alternarea temperaturii înalte şi a celei coborîte prin conectarea şi deconectarea electrică, prin care se solicită în modul cel mai intens conductorul rezistiv.

A. S.

CZ 621.365.4.036.662.2/.3.001.4

Cercetarea metodelor de încercare a aliajelor pentru rezistențe de încălzire. [După E. Walther: Elektrowärme **17** (1959) 9, 327—331, 8 fig., 6 ref. bibl.]

La alegerea aliajelor pentru rezistențe de încălzire trebuie ținut seamă atît de o serie de proprietăți fizice și tehnologice, cît și de rezistența la căldură. Aceasta rezultă din diferiți factori, dintre care cei mai importanți sînt rezistența la oxidare la cald și rezistența la variațiile de temperatură. Această proprietate, numită „durată", se determină empiric. Se citează mai multe metode de încercare: măsura emisiei totale și a emisiei spectrale pentru $\lambda = 0{,}65\ \mu$, a lungimii de undă efective a filtrului pirometric roșu. Sînt descrise aparatele și se indică pentru exemplificare cîteva rezultate. Se subliniază creșterea temporară a emisiei spectrale și totale după starea de oxidare, aceasta la o valoare max mă care se atinge cu atît mai repede cu cît temperatura de incandescență este mai mare. Această valoare finală a celor două emisii se situează, după aliaje, între 80 și 95%.

A. S.

ABONAȚI-VĂ

la revista

ELECTROTEHNICA

Abonamentele se primesc la sediile filialelor ASIT din întreaga țară, precum și prin responsabilii cu presa din cercurile ASIT. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul nostru de virament: Publicațiile Tehnice ASIT 070.124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin, București — Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual — Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri: lei 30 anual.

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU, prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, prof. dr. ing. A. AVRAMESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R. (redactor responsabil), ing. V. BUNEA, laureat al Premiului de Stat, prof. dr. ing. V. CORLĂȚEANU, ing. ȘT. GROSU, conf. ing. GH. HORTOPAN, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. G. LAZARIDE, prof. dr. ing. R. RĂDULEȚ, membru corespondent al Academiei R.P.R. laureat al Premiului de Stat.

Revista „ELECTROTEHNICA", organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Grele. Editor: Asociația Științifică a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. Redacția: București, Str. Ion Ghica Nr. 3. Telefon 16.78.78. Administrația și Casieria: București, Calea Victoriei Nr. 118 Telefon 14 06 24. Redacția își rezervă toate drepturile privind lucrările precum și materialul grafic-ilustrativ apărut în revistă, cît și privitoare la traducerea în limbi străine. Se admit extrase, referate sau comentarii numai cu indicarea completă a sursei. Revista apare lunar. Abonamentul anual: pentru întreprinderi lei 100, individuale lei 30. Prețul unui exemplar: lei 5. Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediile filialelor ASIT, precum și la responsabilii cu presa din cercurile ASIT. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinetele tehnice în contul nostru de virament: Publicațiile Tehnice ASIT-070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin București. Tiparul: Întreprinderea Poligrafică Nr. 2. — c. 803.

SOMMAIRE

CD 621.3 : 518.5.004.14

Avramescu A. : **L'opportunité de recourir aux machines à calculer dans les problèmes d'électrotechnique**

Electrotehnica **8** (1960) 4, 109—116

Après avoir précisé le rôle et l'importance des machines à calculer dans la résolution de certains problèmes d'électrotechnique, on rappelle les performances de ces machines et l'on fait une comparaison entre les machines digitales et analogiques. Après cela, on passe en revue les domaines de l'électrotechnique des courants forts à la résolution desquels il est indiqué de recourir aux machines à calculer ou aux modèles électriques. On donne certaines relations de principe pour caractériser les problèmes propres à être calculés à l'aide des machines ou des modèles. On fait appel aux électriciens pour utiliser ces moyens modernes de calcul dans tous les cas ou cela serait rationnel et économique.

CD 621.311/316.001.57 : 518.5

Hortopan G. : **Applications des machines à calculer dans la technique des courants forts**

Electrotehnica **8** (1960) 4, 116—124

Les auxiliaires de calcul employés dans la technique des courants forts se présentent sous forme de modèles analogiques, analyseurs de phénomènes transitoires, machines à calculer analogiques et digitales. Dans cet article on présente quelques applications des machines à calculer executées ou étudiées dans la section des courants forts de l'ICET (Institut pour recherches électrotechniques), à savoir : le bain électrolytique, le modèle de réseau, l'analyseur des phénomènes transitoires, la machine analogique, la machine digitale. Pour chacun de ces auxiliaires de calcul on indique le mode de formuler le problème dans différents domaines.

CD 621.313.333.2.001.13

Răduț C. : **Sur l'établissement du projet des moteurs asynchrones à rotor à cage double.**

Electrotehnica **8**(1960) 4, 124—130

Après avoir rappelé brièvement les principes qui sont à la base de l'établissement du projet des moteurs à rotor à cage double, on montre comment il faut procéder pour obtenir d'un stator donné les paramètres les plus favorables, en déterminant en conséquence les dimensions du rotor. On présente le calcul d'une machine de ce type, réalisée par les usines Klément Gottwald à Bucarest.

CD 621.372.6

Preda M. : **Une méthode de calcul pour les schémas électriques équivalents**

Electrotehnica **8** (1960) 4, 131—134

On donne une solution unitaire du problème des transfigurations électriques, en résolvant le problème général de la transfiguration d'un multipôle actif dans un circuit équivalent en polygone complet. On établit une méthode de calcul des schémas équivalents et l'on exemplifie son application dans les cas importants de la pratique des transfigurations étoile — polygone, polygone à couplages magnétiques — polygone sans couplages, étoile multinodale — — polygone.

NOTES

CD 621.314.224.3.001.24

Semlyen A. : **Le calcul des transformateurs de courant à shunt magnétique**

Electrotehnica **8** (1960) 4, 134—136

On présente le calcul de l'établissement du projet des transformateurs de courant à shunt magnétique. Dans le cas du shunt saturé on évite l'induction d'une tension supplémentaire dans le circuit secondaire et ainsi il en résulte une répartition uniforme de l'enroulement secondaire sur les deux moitiés du noyau. Au contraire, dans le cas du shunt non-saturé, on obtient, par une autre répartition de l'enroulement secondaire, une tension induite, à laquelle correspond une impédance secondaire négative, destinée à compenser l'impédance de la charge. Le calcul est illustré par un exemple numérique.

CHRONIQUE — COMPTES-RENDUS DOCUMENTATION

ELECTROTEHNICA GENERALĂ

CZ 621.3.082.77

Koenig J. :

Determinarea deseărcărilor la tensiuni înalte. Elektrie **13** (1959) 9, 327—332.

ALIMENTARE, SUBSTAŢII

CZ 621.311.442 :621.316.727

Gostowt, W., Urbanowicz, H. :

Puterea reactivă a redresoarelor şi compensarea ei, Przegl. Elektrotechn. **35** (1959) 10, 405—410.

MAŞINI ELECTRICE

CZ 621.313.001.5

Aliabiev, M. I. :

Despre problema clasificării şi alegerea metodelor de cercetare a maşinilor electrice. Electricestvo **80** (1959) 11, 1—6.

CZ 621.313.012.6

Ageev, I. Z. :

Distorsiunea caracteristică a maşinilor electrice cu o mare gamă de viteze. Electricestvo **80** (1959) 11, 52—56.

CZ 621.313.362

Kopilov, I. P., Radin, V. I. :

Amplificator rotativ de curent alternativ. Electricestvo **80** (1959) 11, 56—60.

CZ 621.313.322.1004.64

Olszewski, Z. :

Avarii ale alternatoarelor sincrone în sistemele energetice sudice al Poloniei. Energetyka **13** (1959) 9, 243—245.

CZ 621.313.047.2

Holm, E. :

Contribuţie la teoria contactului perie-colector, Trans. AIEE, Power App. & Syst. **78** (1959) 43, 431—438.

CZ 621.313.333.045.56

Braun, R. :

Rupturi ale înfăşurărilor în colivie ale motoarelor trifazate. Maschinenschaden **32** (1959) 9/10, 138—143.

TRANSFORMATOARE ELECTRICE

CZ 621.314.3—53

Suva, S. :

Amplificatoare magnetice cu întîrziere mică. Automatizare **2** (1959) 12, 365—366.

CZ 621.314.2.045.53.013.5

Honsinger, V. R. :

Măsurarea reactanţei de scăpări a bobinelor de capăt. Trans. AIEE. Power App. & Syst. **78** (1959) 43, 426—431.

CZ 621.314.2.014.32 :538.328

Beavers, M. F., Adams, C. M. :

Calculul şi măsurarea forţelor electromagnetice axiale din bobinele concentrice ale transformatoarelor. Trans. AIEE Power App. & Syst. **78** (1959) 43, 467—478.

CONVERSIUNE

CZ 621.314.55.012.2

Tolstov, U. G. :

Diagrama circulară a invertorului. Electricestvo **80** (1959) 11, 37—40.

MATERIALE IZOLANTE. IZOLATOARE

CZ 621.315.616.96 :678.652

Brzeziński, J. :

Proprietăţile dielectrice ale aminoplastelor. Przegl. Elektrotechn. **35** (1959) 10, 413—415.

CZ 621.315.612.6 +621.315.616.96

Blumental, L. :

Proprietăţile mecanice şi electrice ale materialelor stratificate sticlă-epoxi. Bull. Soc. franç. Electr. **9** (1959) 105, 525—532.

CZ 621.315.62 :621.315.616.96

Lafont, P. :

Izolatoare din rășină epoxi. Comportarea la murdărire și la umezire. Bull. Soc. franç. Electr. **9** (1959) 105, 541—543.

DISTRIBUȚII

CZ 621.316.1 :621.316.9.003

Fabierkiewicz, Z. :

Principiile economice de echipare a rețelelor electrice cu aparataj. Energetyka **13** (1959) 9, 245—247.

APARATAJ

CZ 621.316.542

Lipski, T., Hibner, J. :

Intreruptoare pachet tripolare pentru instalații industriale la 500 V. Przegl. Elektrotechn. **35** (1959) 10, 410—413.

CZ 621.316.545 :621.314.21

Rukszto, Cz. :

Posibilități de utilizare a izolatoarelor pentru conectarea fără sarcină a transformatoarelor. Energetyka **13** (1959) 9, 247.251.

CZ 621.316.5.027.8 :621.317.33.1

Cappuccini, F., Debiasi, G. B. :

Folosirea măsurării zgomotului pentru detectarea cauzelor ionizării interne în aparatajul de înaltă tensiune. Energia Elettrica **36** (1959) 19, 889—898.

PROTECȚIE

CZ 621.3.014.3.001.24

Kostanian, G. G. :

Recalcularea curenților de scurtcircuit. Electricestvo **80** (1959) 11, 73—76.

TEHNICA MĂSURILOR ELECTRICE

CZ 621.317.2.026.648 :621.3.014.3

Myślicki, A. :

Stația de încercări la scurtcircuit a Institutului Electrotehnic din Polonia. Przegl. Elektrotechn. **35** (1959) 10, 400—404.

CZ 621.317.33 :621.316.993

Szczepański, Z. :

Cercetarea pe modele a metodei tehnice de măsurare a rezistenței de legare la pământ a stîlpilor substațiilor mari. Energetyka **13** (1959) 9, 252—253.

CZ 621.317.333.6 :621.315.616.96.015.51 :678.743

Kreiss, M. :

Despre rezistența dielectrică a clorurii de polivinil plastifiate Elektrotechn. Z.—A. **80** (1959) 21, 751—756.

CZ 621.317.43.082.63

Koppelmann, F., Unger, G. :

Măsurarea calorimetrică a pierderilor histerezis magnetice ale miezurilor toroidale. Elektrotechn. Z.—A. **80** (1959) 22, 773—777.

CZ 621.317.333.6 :621.317.733.3

Tilvikas. A. A. :

Despre problema măsurării dielectricilor cu ajutorul Q-metrului. Electricestvo **80** (1959) 11, 77—80.

CZ 621.317.39 :621.313.017

Kemmer, A. :

Controlul temperaturii mașinilor și aparatelor electrice. Industrie-Anzeiger **81** (1959) 88, 1405—1406.

CZ 621.317.7

Wisch, W. :

Aparate pentru încercarea rezistențelor mari și a semiconductoare. Nachrichtentechnik **9** (1959) 12, 546—549.

MATERIALE MAGNETICE. MAGNEȚI

CZ 621.318.3

Göldner, K. :

Tratarea matematică a procesului anclanșării unui electromagnet excitat cu curent continuu. Feingerätetechnik **8** (1959) 7, 315—319.

APLICAȚII INDUSTRIALE ALE ELECTROSTATICII. CONDENSATOARE

CZ 621.319.46.019.621.317.727

Keller, A. :

Valoarea constantă a capacității condensatoarelor cu gaz comprimat. Elektrotechn. Z.—A. **80** (1959) 21, 757—761.

CZ 621.319.51 :621.316.933.3

Kalb, J. W., Yost, A. G. :

Noul eclator limitator mărește performanța descărcătorului. Trans. AIEE. Power App. & Syst. **78** (1959) 43, 462—467.

INGINERI ȘI TEHNICIENI

Revistele tehnice de specialitate, elaborate de Asociația Științifică a Inginerilor și Tehnicienilor, aduc la cunoștință cadrelor tehnice din producție, învățământ, cercetare și proiectare, ultimele realizări obținute în științele tehnice din țară și străinătate.

Apar:

AUTOMATICA ȘI ELECTRONICA
CELULOZĂ ȘI HIRTIE
ELECTROTEHNICA
ENERGETICA
HIDROTEHNICA
INDUSTRIA LEMNULUI
INDUSTRIA TEXTILĂ
INDUSTRIA UȘOARĂ
METALURGIA ȘI CONSTRUCȚIA DE MAȘINI
PETROL ȘI GAZE
REVISTA CONSTRUCȚIILOR ȘI A MATERIALELOR DE CONSTRUCȚII
REVISTA DE CHIMIE
REVISTA INDUSTRIA ALIMENTARĂ—PRODUSE ANIMALE
REVISTA INDUSTRIA ALIMENTARĂ—PRODUSE VEGETALE
REVISTA MINELOR
REVISTA PĂDURILOR
REVISTA TRANSPORTURILOR
TELECOMUNICAȚII

Un abonament anual pentru ingineri și tehnicieni lei 30, pentru biblioteci, instituții, cabinete tehnice etc. lei 100, prin cont virament nr. 070124 B.R.P.R.-Filiala I. V. Stalin.

Abonamentele se primesc la sediul Consiliului Central A.S.I.T.

București — Calea Victoriei Nr. 118 — Raionul I. V. Stalin — Telefon 14-06-24.

Expoziția franceză de utilaj industrial

Între 16 și 24 mai a.c. va avea loc în București, Garajul I.T.B.-Șos. Nordului București-Băneasa, o expoziție franceză de utilaje.

Dintre exponantele prezentate, realizări ale tehnicii franceze menționăm: aparataj electronic de măsură și control, spectrofotometre, aparat de deshidratare cu raze infraroșii, aparat pentru electroforeză cu fotometru, aparat pentru măsurări multiple, aparataj electronic pentru fizica nucleară, gamametre, osciloscoape, piese detașate radio, camere de televiziue etc.

Tehnicieni francezi vor sta la dispoziția specialiștilor romîni pentru explicații și demonstrații practice.

Vizitarea expoziției de către cadrele tehnice din țara noastră, se va face pe baza unor programări, care să permită vizitatorilor o examinare amănuntită a exponantelor prezentate.

A APĂRUT

VOLUMUL VIII INCHEIE SERIA VOLUMELOR CARE FORMEAZĂ MANUALUL INGINERULUI ELECTRICIAN. ACEST MANUAL, UNIC IN FELUL SĂU IN LITERATURA MONDIALĂ, OFERĂ INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR UN SPRIJIN EFICACE IN MUNCA DE PROIECTARE ȘI EXPLOATARE IN DOMENIUL ELECTROTEHNICII CURENȚILOR TARI.

MANUALUL INGINERULUI ELECTRICIAN

VOL. VIII

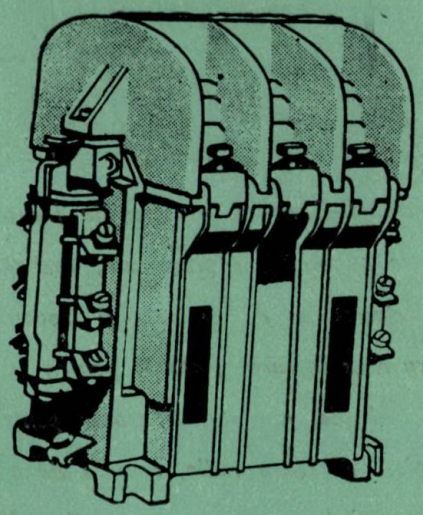
ELECTRIFICAREA ȘI AUTOMATIZAREA ÎN ÎNTREPRINDERILE INDUSTRIALE

EDITURA TEHNICĂ
BUCUREȘTI
1959

1476 pagini **91,50 lei**

ESGO

un termen pentru contactoare în aer, de calitate



Şi în ţara Dvs. se acordă o mare importanţă automatizării.

Noile noastre proiectări

CONTACTOARELE ÎN AER de 15 A şi 60 A sînt destinate pentru a fi montate pe maşini de toate tipurile pentru protecţie, control, drept contactoare de putere pentru motoare, circuite magnetice, de lumină, curenţi de încălzire şi contactoare pentru controlul protecţiei

Mare putere de rupere	Dimensiunile cele mai mici
Viaţă lungă	Execuţie modernă
Frecvenţă de comutare înaltă	Montaj şi întreţinere simple

VEB ELEKTROSCHALTGERÄTE OPPACH

Exportator: DEUTSCHER INNEN- UND AUSSENHANDEL ELEKTROTECHNIK,
BERLIN C 2, LIEBKNECHTSTRASSE 14 OPPACH/OL, DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK

Informaţii la:
Ambasada Republicii Democrate Germane în R.P.R., Secţiunea de Politică Comercială – Bucureşti, Calea Dorobanţilor nr. 14

E 2040

REFERATIVA

ELECTROTEHNICA

5

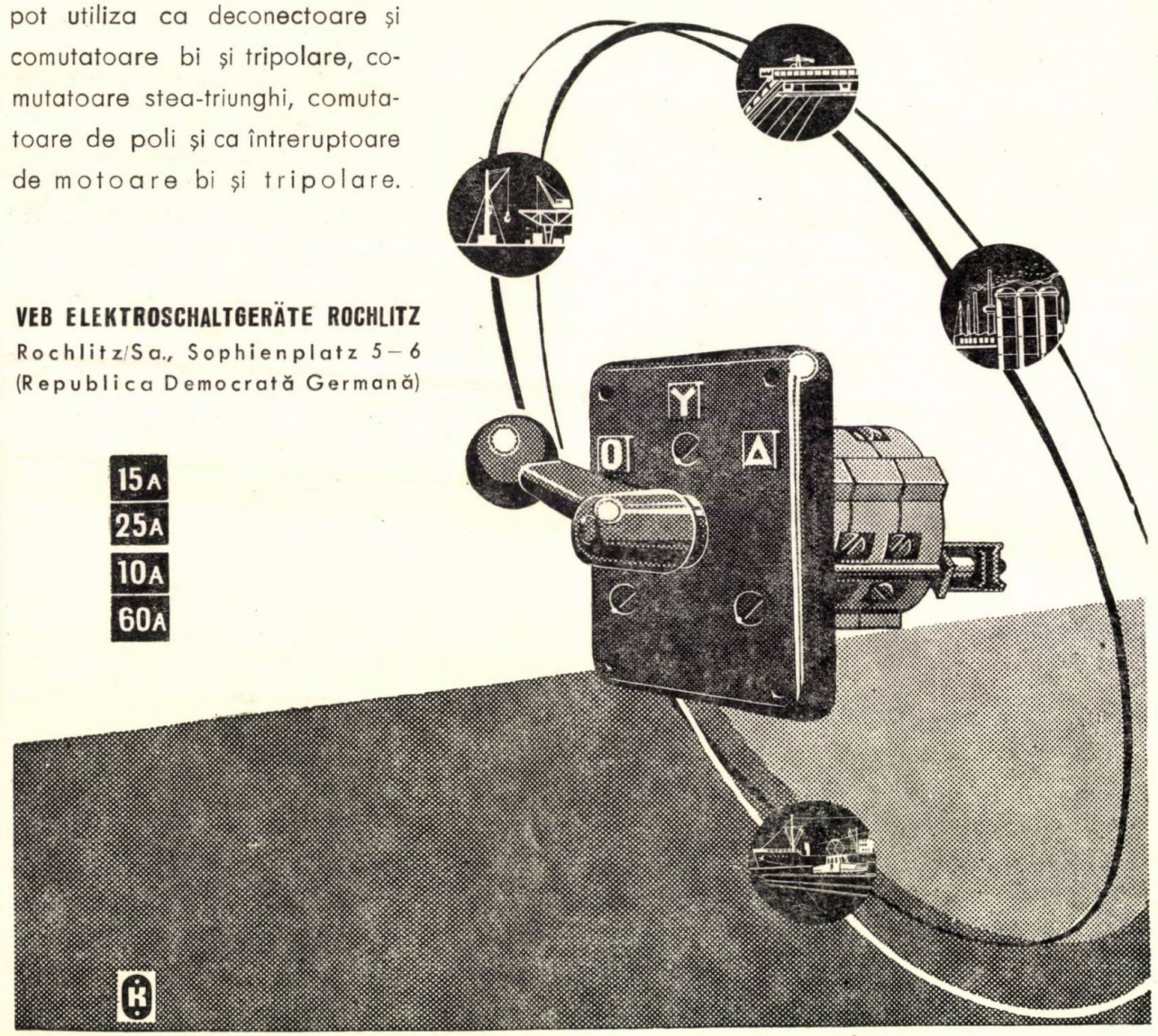
Electrotehnica — Bucureşti ★ Anul 8 ★ nr. 5 ★ p. 145 – 184 ★ mai 1960

ELGERO

INTRERUPTOARE PACHET

- PENTRU TOATE RAMURILE INDUSTRIALE
- ÎNALT RANDAMENT ELECTRIC
- DURATĂ LUNGĂ DE EXPLOATARE
- GREUTATE REDUSĂ
- UTILIZARE REDUSĂ DE MATERIALE
- DIMENSIUNI FAVORABILE

Aceste întreruptoare pachet se pot utiliza ca deconectoare şi comutatoare bi şi tripolare, comutatoare stea-triunghi, comutatoare de poli şi ca întreruptoare de motoare bi şi tripolare.



VEB ELEKTROSCHALTGERÄTE ROCHLITZ
Rochlitz/Sa., Sophienplatz 5–6
(Republica Democrată Germană)

15A
25A
10A
60A

ELECTROTEHNICA

Anul 8 nr. 5 mai 1960

CUPRINS

CZ 538.632 : 621.3

Hortopan V. : **Generatorul Hall**

Electrotehnica 8 (1960) 5, 145 – 154

În ultimii ani au apărut numeroase aplicații tehnice și științifice ale efectului Hall, privind măsurarea cîmpurilor magnetice și curenților electrici, realizarea de elemente necesare mașinilor de calcul, diverse aplicații în tehnica telecomunicațiilor etc.

Se arată principiile de funcționare a unui generator Hall, cum și considerentele teoretice și tehnice care stau la baza realizării acestor dispozitive. Se citează cîteva din posibilitățile de folosire a generatorului Hall în scopuri tehnice și științifice, generatorul Hall fiind de multe ori preferat unor dispozitive similare din cauza performanțelor superioare și a dimensiunilor extrem de reduse.

CZ 538.632 : 621.317.331

Lupaș O. : **Stabilirea experimentală a unor parametri electrici ai semiconductoarelor Si și Ge**

Electrotehnica 8 (1960) 5, 155 – 159

Se prezintă rezultatele unor experiențe de efect Hall și efect magnetorezistiv la temperatura camerei și la temperatura azotului lichid efectuate pe Ge *n* și Si *n* și *p* la ICET. Se descrie aparatura experimentală folosită și din măsurătorile de rezistivitate și de efect Hall se deduce valoarea mobilității purtătorilor în Ge și Si. Se analizează dependența obținută pentru constanta Hall de valoarea cîmpului magnetic, găsindu-se o bună concordanță cu prevederile teoretice.

Rezultatele se pot aplica la aparate și dispozitive de măsură a cîmpului magnetic sau, prin acesta, a curentului și altor mărimi electrice.

CZ 621.313.17.045.15

Aslan H. : **Circuitele imprimate aplicate la bobinajele mașinilor electrice rotative**

Electrotehnica 8 (1960) 5, 160 – 162

Se descriu mașinilecu bobinaje imprimate, cum și metodele care pot fi folosite mai ales pentru execuția de modele experimentale. Se arată posibilitățile acestor mașini, performanțele realizate, cum și dezavantajele lor.

CZ 621.315.623.001.6 (498)

Popescu C. și *Tănăsescu Fl.* : **Proiectarea izolatoarelor suport pînă la 35 kV fabricate în R.P.R.**

Electrotehnica **8** (1960) 5, 163—171

Se prezintă rezultatele cercetărilor efectuate în ICET cu scopul de a realiza izolatoare suport de interior de 6,10, 15, 35 kV și suport de exterior de 15 kV de tip nou, care să răspundă cerințelor tehnicii moderne. După ce se dă o privire de ansamblu asupra modului în care au fost rezolvate aceste probleme în străinătate, se indică factorii care se iau în considerare la determinarea formei și dimensiunilor izolatoarelor pînă la 35 kV, prezentîndu-se în continuare tipurile de izolatoare proiectate la ICET și executate la fabrica Electroceramica-Turda. Aceste tipuri sînt: izolatoarele suport de interior cu armare interioară cu chit și fără chit, cu înălțimea, greutatea totală, greutatea de portelan și greutatea armăturilor mai mici decît a celor cu armare exterioară și izolatorul suport de linie de 15 kV tip coloană cu ondule normalizate și prezentînd avantajul unei mai ușoare montări pe linie. În încheierea articolului se arată avantajele tehnice și economice care rezultă la introducerea în fabricație a tipurilor noi realizate.

CZ 621.317.755 : 621.317.332.82

Cleja V. : **Generator de impulsuri repetate cu osciloscraf catodic pentru studiul comportării transformatoarelor la unda de impuls**

Electrotehnica **8** (1960) 5, 171—177

Schema echivalentă a unui transformator pentru unda de impuls diferă substanțial de cea pentru frecvența industrială. În consecință, repartizarea potențialelor (și deci solicitarea izolației) în diferitele puncte ale înfășurărilor va fi diferită pentru fiecare din aceste cazuri.

În scopul studierii acestor repartiții, în Institutul de Cercetări Electrotehnice a fost construit un generator de impulsuri repetate, prevăzut cu un osciloscraf catodic, pentru observarea pe ecran și fotografierea curbei de răspuns a transformatoarelor la unda de impuls.

În articolul de față se descrie schema, construcția și performanțele aparatului.

NOTE

CZ 621.314.224.3 : 538.213

Semlyén A. : **Permeabilitatea magnetică complexă la cîmpuri mici, în cazul unei magnetizări concomitente intense în curent alternativ**

Electrotehnica **8** (1960) 5, 177—180

Se studiază problema magnetizării suplimentare în curent alternativ a miezurilor feromagnetice ale transformatoarelor, în vederea măririi permeabilității magnetice. Rezultatele sînt apoi verificate experimental.

DOCUMENTARE, 181—182

CRONICĂ, 182

RECENZII, 183—184

CZ 621.3 ELECTROTEHNICĂ GENERALĂ

CZ 621.3.014.31.012.6 : 621.316.542.064.25

Kopplin, H., Schmidt, E. :

Contribuţie la comportarea dinamică a arcului în întreruptoare de înaltă tensiune cu ulei puţin. Elektrotechn. Z.—A. **80** (1959) 23, 805—811, 14 fig., 18 ref.

CZ 621.3.027.3 : 621.3.014.3 : 621.316.1

Funk, G. :

Efectele scurtcircuitului în reţele de înaltă tensiune. Energie **11** (1959) 12, 573—580, 27 fig., 2 tab., 17 ref.

CZ 621.316.11.062.3

Thiele, K. :

Transformarea stea-triunghi şi aplicaţiile ei. Radio und Fernsehen **9** (1960) 1, 22—25, 9 fig., 4 ref.

CZ 621.313 MAŞINI ELECTRICE

CZ 621.313.333 : 621.1.018.8 : 534.215

Jaskólski, K. :

Metoda stroboscopică pentru măsurarea sarcinii unui motor asincron. Pomiary Automatyka Kontrola **5** (1959) 11—12, 433—435, 4 fig., 1 tab.

CZ 621.313.333 : 621.318.435

Gutenbaum, J. :

Reglajul motorului sincron cu ajutorul amplificatoarelor magnetice. Pomiary Automatyka Kontrola **5** (1959) 11—12, 459—461, 10 fig., 10 ref.

CZ 621.313.333.004.13

Jaeger, T. :

Comportarea în exploatare a motoarelor trifazate cu rotorul în scurtcircuit. Praktische Energiekunde 7 (1959) 4, 291—308, 9 fig.

CZ 621.313.32-711.003

Apetrei, C. :

Variaţia indicilor tehnico-economici ai maşinii sincrone cu sistem de răcire direct. Stud. Cerc. energetică **9** (1959) 4, 681—698, 6 fig., 3 tab., 5 ref.

CZ 621.313.1.047.2.015.54

Karasev, M. F., Luvorov, V. P. :

Analiza scînteierii maşinilor cu colector. Electricestvo **80** (1959) 12, 50—54, 8 fig., 5 ref.

CZ 621.313-755 : 621.312

Dahle, O., Uglum, O. :

Metodă electronică de centrare în fabricaţia maşinilor electrice de mărime mijlocie. Control Engr. **6** (1959) 7, 127—129, 4 fig.

CZ 621.314 TRANSFORMAREA ENERGIEI ELECTRICE

CZ 621.314.22.8.001.4

Spriegel, W. :

Reductoare capacitive de tensiune — Construcţie şi aplicaţii. Elektrizitätswirtschaft **58** (1959) 23, 803—806, 6 fig., 1 tab.

CZ 621.314.212.017.72

Castell, O. :

Răcirea transformatoarelor mari. Electr. Rev. **165** (1959) 16, 729—732, 9 fig., 1 tab.

CZ 621.314.224.3.011.1

Rauth, A. :

Teoria şi calculul reductorului de intensitate. L'Électricien **87** (1959), 1996, 239—245, 8 fig.

CZ 621.314.626.018.12

Křesadlo, Z. :

Calcularea întîrzierii curentului în redresoarele moderne. Elektrotechn. Obz. **48** (1959) 12, 621—630.

CZ 621.314.63

Kroczek, J. :

Cum poate un redresor cu seleniu să concureze cu cele cu germaniu şi cu siliciu Elektrotechn. Obz. **48** (1959) 10, 507—510.

CZ 621.314.6.025.3

Krociakevici, V. D. :

Regimuri tranzitorii în circuite cu redresoare în punte trifazată. Electricestvo **80** (1959) 12, 61—63, 4 fig., 3 ref.

CZ 621.315 TRANSMISIA ENERGIEI ELECTRICE

CZ 621.315.1.028 : 614.825

Moller, H. :

Noi dispozitive de punere la pământ și de scurtcircuitare pentru linii aeriene de 110 kV și de 220/380 kV. Elektrizitätswirtschaft **58** (1959) 23, 800—803, 15 fig.

CZ 621.315.211.2.015.51

Rapoš, M. :

Rigiditatea dielectrică a unei izolații de cablu din hîrtie impregnată sub acțiunea simultană a tensiunilor alternativă și continuă. Elektrotechn. Obz. **48** (1959) 12, 638—644, 2 diagr., 28 ref.

CZ 621.315.615.2.015.51

Contribuție la studiul cîtorva factori privind comportarea dielectrică a uleiurilor minerale. Elettrotecnica **46** (1959) 11, 781—789, 16 fig., 2 tab., 15 ref.

CZ 621.315.61.001.41

Désémery, P. :

Controlul izolanților electrici. Les Techniques de l'Entretien **10** (1959) 11, 23—28, 7 fig., 1 tab.

CZ 621.315.624.5

Schaudinn, K. :

Izolatori bară (Langstab). Elektrotechnik **41** (1959) 51/52, 454—457, 5 fig., 3 tab., 3 ref.

CZ 621.316.5 APARATAJ

CZ 621.316.543.1

Nikiforovski, N.N. :

Despre curentul de comutație la întreruperea unuia din două circuite paralele în aparatele electrice. Electricestvo **80** (1959) 12, 70—74, 8 fig.

CZ 621.316.5.027.6

Rydlewicz, J. :

Probleme tehnice în proiectarea aparatajului de medie tensiune. Przegl. Elektrotechn. **35** (1959) 11, 488—489, 2 fig.

CZ 621.316.9 PROTECȚIE

CZ 621.316.923.1.027.5/6

Feindt, H. :

Noi siguranțe fuzibile de înaltă tensiune și mare putere. Elektrotechn. Z.ed.B. **12** (1960) 2, 24—33, 11 fig.

CZ 621.316.933.6.015.33

Șisman, D. V. :

Șocuri de conectare asupra descărcătoarelor cu tensiune de străpungere redusă. Electricestvo **80** (1959) 12, 64—69, 1 tab., 4 fig., 21 ref.

CZ 621.317 TEHNICA MĂSURILOR

CZ 621.317.333.6

Čižek, R. :

Evoluția încercărilor în instalațiile electrice de foarte înaltă tensiune. Elektrotechn. Obz. **48** (1959) 10, 536—538.

CZ 621.317.7 INSTRUMENTE. APARATE DE MĂSURĂ

CZ 621.317.715.5

Denkowska-Rytel, K., Iwanek, St. :

Galvanometrul de vibrație și indicatorul catodic ca indicatoare de nul. Pomiary Automatyka Kontrola **5** (1959) 11—12, 431—433, 7 fig., 1 tab., 4 ref.

CZ 621.317.755.087.5/6

Baatz, H., Maier, H.

Instalație de înregistrare cu zece fascicule electronice pentru măsurători în rețele de înaltă tensiune. Elektronik **8** (1959) 12, 365—370, 12 fig., 11 ref.

CZ 621.317.799 : 621.39

Ehlermann, B. :

Comanda aparatelor automate de încercare și măsurare. Feinwerktechn. **63** (1959) 11, 415—418, 5 fig., 2 tab., 16 ref.

CZ 621.317.7-758 : 551.5

Mellor, C. H. :

Funcționarea instrumentelor de măsură la tropice. Electr. Rev. **165** (1959) 18, 830, 1 tab.

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.
ȘI AL MINISTERULUI INDUSTRIEI GRELE

Anul 8 nr. 5 București, mai 1960

Generatorul Hall

Viorica Hortopan * — București

În ultimii ani, datorită progreselor realizate în crearea de noi materiale semiconductoare cu proprietăți adecvate, s-au obținut aplicații tehnice din cele mai utile și mai interesante privind măsurarea cîmpurilor magnetice și curenților electrici, realizarea de elemente necesare mașinilor de calcul, cum și o serie de dispozitive în tehnica curenților slabi.

Acest studiu de sinteză are ca scop de a interesa pe inginerii electricieni din țara noastră în utilizarea generatoarelor Hall în industrie, acolo unde aceste dispozitive, datorită performanțelor superioare și a dimensiunilor extrem de reduse, pot fi mult mai avantajoase din punct de vedere tehnic și economic decît alte dispozitive clasice.

CZ 538.632 : 621.3

Fenomenul care poartă denumirea „efect Hall" a fost descoperit în 1879 [1]. Pînă acum cîțiva ani, studiul acestui fenomen era de domeniul fizicii pure, fiind o manifestare a proprietăților de conductibilitate a materialelor. Efectul Hall era pus în evidență prin măsurători dificile, cu aparate foarte sensibile, procedee cu totul neinteresante pentru aplicațiile practice.

În ultimul timp prin crearea de noi semiconductoare cu proprietăți adecvate, efectul Hall intră în tehnică sub forma unui dispozitiv ingenios, denumit „generatorul Hall".

În lucrarea de față, autorul își propune să prezinte aplicațiile tehnice bazate pe efectul Hall, în scopul de a interesa pe specialiștii din diverse ramuri tehnice la folosirea generatoarelor Hall în țara noastră, pentru rezolvarea unor probleme din industrie.

1. Efectul Hall

1.1. Procesul fizic. În fig. 1 și 2 se arată principial modul de producere a efectului Hall. Dacă un curent *I* străbate o plăcuță dreptunghiulară de material conductor în sensul lungimii, liniile echipotențiale sînt paralele cu laturile *b*. Între bornele *3* și *4* conectate simetric la laturile *l* ale plăcuței (fig. 1) și deci așezate pe o linie echipotențială, nu există evident nici o diferență de potențial. Aplicînd din exterior un cîmp de inducție magnetică *B*, perpendicular pe placă, se observă apariția unei tensiuni între bornele *3* și *4* (fig. 2).

Explicația succintă a acestui fenomen este următoarea:

Plăcuța, pentru care este valabilă condiția dimensională $l \gg b \gg d$, este supusă unei

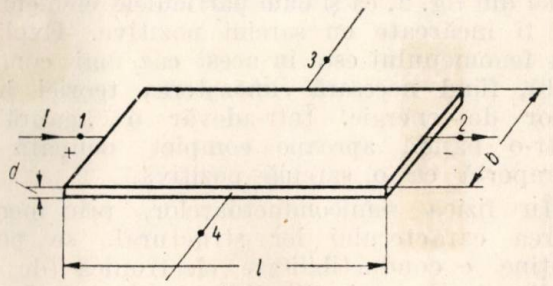


Fig. 1. Plăcuță parcursă de curent electric, fără producere de efect Hall.

tensiuni electrice dată de o sursă exterioară conectată între bornele *1* și *2*. Sub acțiunea cîmpului magnetic omogen de inducție constantă *B*, aplicat perpendicular pe plăcuță, electronii sînt deviați de forța lui Lorentz, a cărei expresie este:

$$\mathbf{F}_B = -e\,[\mathbf{v} \times \mathbf{B}] \qquad (1)$$

în care:

— e este sarcina electronului;
$\mathbf{v}$ — viteza medie a electronului.

---

* Ing. *V. Hortopan* este șef de lucrări la Institutul Politehnic — București.

În fig. 2, cîmpul magnetic avînd sensul indicat prin liniile de forță, electronii se strîng spre latura plăcuței conectată la borna *4*, provocînd astfel apariția unui cîmp electric transversal **E**. Electronii sînt deviați spre mar-

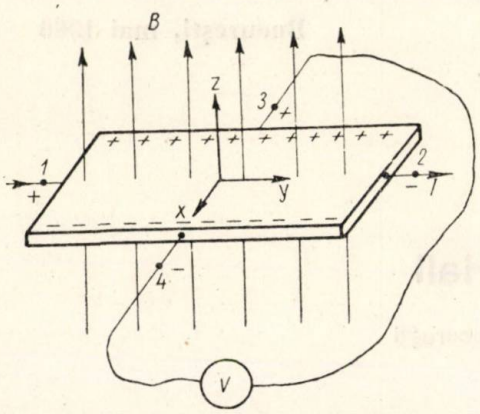


Fig. 2. Producerea efectului Hall într-o plăcuță parcursă de curent electric.

ginea plăcuței pînă cînd cîmpul **E** atinge valoarea potrivită, pentru ca forța

$$\mathbf{F}_E = -e\,\mathbf{E} \tag{2}$$

să facă echilibrul forței $\mathbf{F}_B$*. În acest moment situația se stabilizează, iar efectul final este obținerea de traiectorii paralele cu axa *1—2* pentru scurgerea electronilor, în timp ce între bornele *3* și *4* apare o diferență de potențial denumită tensiune Hall [2].

La unele metale, ca de ex. Z_n, se obține între bornele *3* și *4* o tensiune de sens invers celei din fig. 2, ca și cum particulele elementare ar fi încărcate cu sarcini pozitive. Explicația fenomenului este în acest caz mai complicată, fiind necesară cunoașterea teoriei benzilor de energie. Într-adevăr o „gaură"** într-o bandă aproape complet ocupată se comportă ca o sarcină pozitivă.

În fizica semiconductoarelor, prin modificarea caracterului lor structural, se poate obține o conductibilitate electronică (de tip „*n*") sau o conductibilitate lacunară (de tip „*p*") [3], [4]. Conductibilitatea electronică provine din adaosul de „donatori" — elemente din grupa V : P, As, Sb etc., iar conductibilitatea lacunară din adaosul de „acceptori" — elemente din grupa III : B, Al, In etc.

Diferența dintre semiconductoarele de tip „*n*" și „*p*" este pusă în evidență de semnul tensunii Hall.

1.2. Determinarea tensiunii și constantei Hall. Calculul tensiunii Hall se bazează pe explicația, dată mai sus, asupra producerii efectului Hall. În ipoteza că electronii se deplasează ca în vid și că vitezele v ale tuturor electronilor sînt egale, condițiile de compensare se calculează destul de simplu.

Valoarea forței lui Lorentz, care acționează asupra fiecărui electron în mișcare într-un cîmp magnetic omogen, de inducție B, este conform relației (1) :

$$F_B = e\,B\,v. \tag{3}$$

Forța $\mathbf{F}_B$ este perpendiculară pe planul format de viteza electronului și cîmpul **B**, iar sensul forței coincide pentru exemplul considerat cu sensul pozitiv al axei x* (fig. 2).

Viteza **v**, imprimată unui electron, sub acțiunea cîmpului electric din interiorul conductorului este :

$$\mathbf{v} = u\,\mathbf{E}_y \tag{4}$$

în care coeficientul de proporționalitate u se numește „mobilitate". $\mathbf{E}_y$ este cîmpul electric în sensul pozitiv al axei y pentru exemplul considerat în fig. 2.

Valoarea forței $\mathbf{F}_B$ devine, conform relațiilor (3) și (4) :

$$F_B = e\,B\,u\,E_y. \tag{5}$$

Sub acțiunea cîmpului magnetic apare diferența de potențial între marginile plăcii conectate la bornele *3* și *4*. Cîmpul electric astfel produs acționează asupra fiecărui electron în mișcare cu o forță a cărei valoare este conform relației (2) :

$$F_E = e\,E_x \tag{6}$$

în care E_x, cîmpul electric Hall produs prin aglomerarea electronilor pe latura conectată la borna *4* din fig. 3, este în sensul pozitiv al axei x.

Sensul forței F_E este în sensul negativ al axei x, sarcina electronului fiind negativă.

Stabilizarea situației are loc pentru :

$$F_B = F_E \tag{7}$$

sau conform relațiilor (5), (6), (7) :

$$E_x = u\,B\,E_y. \tag{8}$$

În plăcuță ia naștere tensiunea Hall :

$$U_H = b\,E_x. \tag{9}$$

Ținînd seama că valoarea curentului electric, care trece prin plăcuță este :

$$I = \delta\,b\,d, \tag{10}$$

în care δ este densitatea de curent, a cărei expresie este cunoscută [5] :

$$\boldsymbol{\delta} = -N\,e\,\mathbf{v} = -N\,e\,u\,\mathbf{E}_y \tag{11}$$

se obține tensiunea Hall scrisă sub forma :

$$U_H = \frac{1}{Ne} \cdot \frac{IB}{d} \tag{12}$$

* La stabilirea sensului forței F_B, trebuie să se țină seama că viteza v este în sens invers curentului.

** Prin „gaură" s-a denumit deficitul de electroni.

în care N este numărul de electroni pe unitatea de volum, celelalte simboluri având semnificațiile indicate anterior.

Prin $R_H = \frac{1}{Ne}$ se notează constanta Hall.

Se observă că semnul constantei Hall, respectiv al tensiunii Hall, depinde de semnul sarcinii [5]. În consecință pentru majoritatea metalelor semnul constantei R_H este negativ (fig. 2 și 3, *a*). Pentru unele metale ca Zn, Cd, W, Mo, constanta Hall este pozitivă, conform indicațiilor date anterior (fig. 3, *b*).

1.3. Unghiul Hall. Se definește ca unghi Hall, unghiul de deviație a liniilor echipotențiale din plăcuță, față de direcția lor inițială (fig. 4). În cazul exemplului considerat în fig. 2, unghiul θ este dat de relația:

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{E_x}{E_y} = u\,B \tag{13}$$

care caracterizează intensitatea producerii efectului Hall.

1.4. Observații asupra valorii constantei Hall. În metale numărul de electroni liberi este mare și în totalitatea lor pot fi priviți ca un gaz Fermi degenerat ($N \approx 10^{22}$ la 10^{23} cm^{-3}).

Semiconductoarele au un număr mult mai mic de electroni de conducție ($N \approx 10$ cm^{-3}). Ei pot fi comparați cu un gaz ideal și se supun statisticii clasice. Electronii au viteze diferite, care se consideră ca o distribuție Maxwell, analog situației moleculelor unui gaz ideal [2]. Probabilitatea ca Δn_g din n_g molecule ale unui gaz ideal să aibă o viteză între v_g și $v_g + \Delta v_g$ este dată de ecuația:

$$\frac{\Delta n_g}{n_g} = \frac{4}{\sqrt{\pi}}\left(\frac{m_g}{2\,k\,T_g}\right)^{\frac{3}{2}} e^{-\frac{m_g v_g^2}{2kT_g}} \cdot v_g^2\,\Delta v_g, \tag{14}$$

în care:

v_g este viteza momentană a unei molecule de gaz ideal;

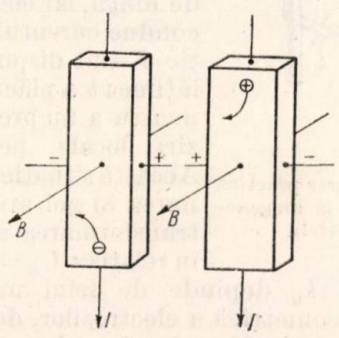


Fig. 3. Sensul tensiunii Hall.

$k = 1{,}381 \cdot 10^{-23}$ Ws. grad^{-1} este constanta Boltzmann;

n_g este numărul de molecule de gaz pe unitatea de volum;

m_g masa unei molecule de gaz;

T_g temperatura absolută a gazului.

Viteza cea mai probabilă, care corespunde maximului curbei de repartiție (fig. 5), este:

$$v_{gp} = \sqrt{\frac{2k\,T_g}{m_g}}. \tag{15}$$

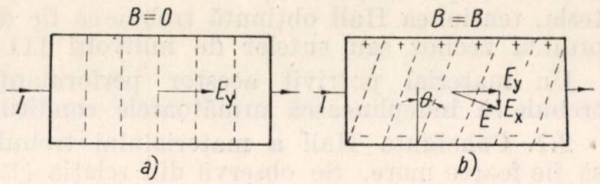


Fig. 4. Unghiul Hall.

Media aritmetică a vitezelor este ceva mai mare din cauza nesimetriei curbei:

$$v_{gm} = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\,v_{gp}, \tag{16}$$

iar media pătratică (valoarea efectivă) a vitezelor este:

$$v_{ge} = \sqrt{\frac{3}{2}}\,v_{gp}. \tag{17}$$

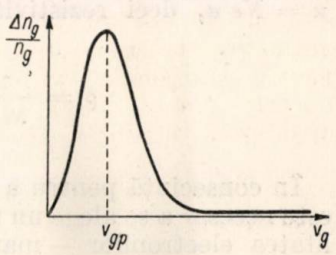


Fig. 5. Curba de repartiție (Maxwell) a vitezelor moleculelor unui gaz ideal.

Raportul

$$\frac{v_{ge}^2}{v_{gm}^2} = \frac{3\pi}{8} \tag{18}$$

este factorul [6] care multiplică în această ipoteză constanta Hall:

$$R_H = \frac{3\pi}{8} \cdot \frac{1}{eN}. \tag{19}$$

În general expresia constantei Hall este:

$$R_H = A\,\frac{1}{eN}, \tag{20}$$

în care A are o valoare bine determinată de mecanismul răspîndirii electronilor în semiconductoare și variază între 0,75 și 1,93 [7], [8], [9], [10].

În cazul unei conductibilități mixte, în care conductibilitatea electronică și lacunară dau contribuții comparabile, expresia constantei Hall este evident mult mai complicată [6].

2. Materiale utilizate în construcția generatorului Hall

Dispozitivul din fig. 2 poartă denumirea de generator Hall, dacă este folosit în scopuri practice. Pentru a funcționa în condiții tehnic acceptabile, curentul de excitație I fiind de ordinul amperului, inducția B de ordinul unui tesla, tensiunea Hall obținută trebuie să fie de ordinul zecilor sau sutelor de milivolți [11].

Un material potrivit acestor performanțe trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

2.1. Constanta Hall a materialului trebuie să fie foarte mare. Se observă din relația (12) sau (20) că singura posibilitate de îndeplinire a acestei condiții este ca N să fie mic. Semiconductoarele sînt cele mai indicate pentru confecționarea generatorului Hall, deoarece concentrația de electroni sau de „găuri" este în general mică.

2.2. Dispozitivul considerat produce o tensiune între bornele *3* și *4* (fig. 2). Cînd aceste borne sînt conectate la un circuit exterior, spre a se obține o putere suficientă, trebuie utilizat pentru confecționarea plăcuței un material cu rezistivitate mică.

Din relația (11) se obține conductivitatea $\varkappa = Ne\,u$, deci rezistivitatea

$$\rho = \frac{1}{Ne\,u} \cdot \qquad (21)$$

În consecință pentru a se micșora valoarea ρ este necesar a se alege un material cu u — mobilitatea electronilor — mare. În acest caz randamentul generatorului Hall va fi mare.

2.3. Constanta Hall și rezistivitatea trebuie să fie independente de temperatură în limite mari.

2.4. Pentru a concretiza condițiile expuse, se prezintă două tabele [12] care conțin date atît pentru metale (tabela 1), cît și pentru semiconductoare (tabela 2).

Tabela 1

Caracteristicile unor metale cu efect Hall important

Materialul	Mobilitatea u		Rezistivitatea ρ	Coeficientul Hall
	a electronilor m^2/Vs	a găurilor m^2/Vs	Ωm	m^3/As
Cupru	$2{,}7\cdot10^{-3}$	—	$1{,}6\cdot10^{-8}$	$-5\cdot10^{-11}$
Zinc	—	$7\cdot10^{-4}$	$4{,}8\cdot10^{-8}$	$+4\cdot10^{-11}$
Bismut	0,5	—	$1\cdot10^{-6}$	$-6\cdot10^{-6}$

O privire de ansamblu asupra tabelelor indică cele mai potrivite materiale pentru confecționarea generatoarelor Hall: antimoniura de indiu (InSb) și arseniura de indiu (InAs)*. În cazul aplicării unui cîmp magnetic cu $B = 1\ T$, randamentul generatorului Hall η — raportul între puterea utilă (puterea Hall) și cea absorbită — este de 16% în cazul utilizării InSb și 7,8% în cazul utilizării InAs față de $\eta \leqslant 0{,}1\%$ pentru celelalte semiconductoare. Atît InSb, cît și InAs îndeplinesc condițiile *2.1.* și *2.2.* Condiția *2.3.* este îndeplinită în special de InAs. Într-adevăr pînă la 100°C coeficientul său Hall este practic independent de temperatură [12] și din această cauză este preferat compusului InSb.

Tabela 2

Caracteristicile unor semiconductoare cu efect Hall important

Materialul	Mobilitatea u		Rezistivitatea ρ	Coeficientul Hall
	a electronilor m^2/Vs	a găurilor m^2/Vs	Ωm	m^3/As
Se	—	$\approx 10^{-4}$	$\approx 10^{4}$	—
Si	0,14	$3{,}5\cdot10^{-2}$	636	-10^{2}
Ge	0,36	0,18	0,46	-10^{-1}
Cu_2O	—	$1\cdot10^{-2}$	> 100	$> +1$
InSb	6,3	$7\cdot10^{-2}$	$7\cdot10^{-5}$	$-4{,}7\cdot10^{-4}$
InAs	3	$2\cdot10^{-2}$	$2{,}5\cdot10^{-3}$	$-9\cdot10^{-3}$

În lucrările de specialitate [13], [14] se indică modul de preparare a InSb prin topirea împreună a indiului și antimoniului (punct de topire 523°C). Prepararea InAs este mai dificilă, deoarece gradul de puritate a ambelor substanțe ($1 : 10^6$) este obținut prin procedee fizice și chimice complicate.

3. Funcționarea generatorului Hall

3.1. Caracteristici. La prezentarea teoretică a fenomenului s-a presupus plăcuța foarte alungită, iar electrozii legați la bornele *1*, *2*, *3*, *4*, punctiformi.

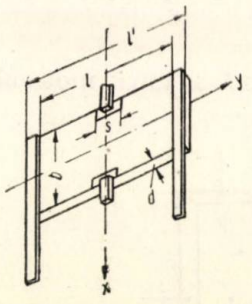


Fig. 6. Realizarea practică a electrozilor la un generator Hall.

În realizarea practică [15] plăcuța nu este atît de lungă, iar electrozii care conduc curentul de excitație I sînt dispuși pe toată lățimea b a plăcuței (fig. 6) pentru a nu provoca încălziri locale neadmisibile. Această situație, la funcționarea în gol, are ca urmare transformarea relației (12) în relația: $U_H = k_0 I B$. (22)

Factorul k_0 depinde de felul materialului, de forma geometrică a electrozilor, de dimensiunile plăcuței și chiar de cîmpul magnetic:

$$k_0 = k_0\left(\frac{l}{b}, \frac{s}{l}, B\right), \qquad (23)$$

* Acești compuși rezultă din elementele grupei III: B, Al, In, Ga și elementele grupei V: N, P, As, Sb. Au aceeași structură de rețea ca și semiconductoarele Ge, Si și se numesc semiconductoare intermetalice.

în care s este lățimea electrozilor Hall (fig. 6), care influențează variația tensiunii U_H, iar celelalte notații își păstrează semnificația de pînă acum.

Comparînd relațiile (12) și (22), se obține raportul:

$$r = \frac{k_0}{R_H/d} = r\left(\frac{l}{b}, \frac{s}{l}, B\right), \qquad (24)$$

care este funcție de aceiași parametri ca și k_0.

În lucrarea [15] este indicată curba $r = r\left(\frac{l}{b}\right)$ pentru $s = 0$ (electrozi Hall punctiformi) și $B = 5\,000$ Gs rezultată din cercetări experimentale asupra InAs. Se constată că o valoare potrivită, peste care se înregistrează creșteri neînsemnate pentru r, este $\frac{l}{b} = 2$ (fig. 7, *a*). În aceeași lucrare se trasează $r = r\,(B)$ pentru $\frac{l}{b} = 2$ și diverse valori $\frac{s}{l}$ (fig. 7, *b*) în cazul unei probe de InAs. Se observă din diagramă că valoarea $r = 0{,}94$ independentă de B se obține numai pentru electrozi Hall punctiformi ($s/l = 0$). Cu cît crește s, r scade și este tot mai dependent de B.

Rezultatele optime au fost date de generatoare Hall cu plăcuțe de InAs avînd: $R_H = 1.10^{-4} \div 1{,}2\ 10^{-4} \frac{m^3}{As}$, $\frac{l}{b} = 2$, $\frac{s}{l} = 0{,}1 \div 0{,}15$ [11], [15]. Se observă că s-a ales în mod voit R_H mai mic decît valoarea din tabela 2, deoarece numai pentru aceste valori R_H nu variază sensibil cu temperatura.

3.2. Generatorul Hall cuadripol. Sistemul electric format de generatorul Hall poate fi alimentat de la o sursă exterioară fie prin bornele *1—2*, fie prin bornele *3—4*. În primul caz, care este cel considerat pînă acum în această

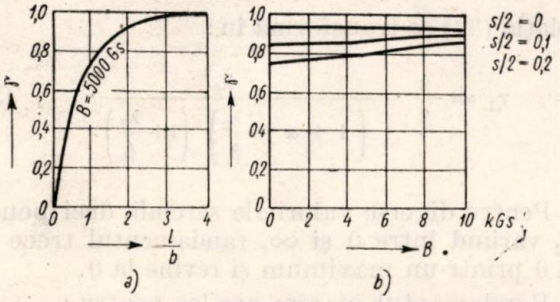


Fig. 7. Curbele $r = r\left(\frac{l}{b}\right)$ pentru $s = 0$, $B = 5\,000$ Gs și $r = r\,(B)$ pentru $\frac{l}{b} = 2$.

lucrare, tensiunea Hall se obține la bornele *3—4* și are valoarea indicată de relația (22) pentru funcționarea în gol. Sensurile tensiunilor și curenților în cazul *efectului Hall primar* sînt indicate în fig. 8,*a*. În cazul alimentării generatorului prin bornele *3—4*, se obține tensiunea Hall la bornele *1—2*:

$$U'_H = k_0 I_2 B. \qquad (25)$$

În mod experimental s-a verificat [15] că, pentru un sistem electric simetric față de

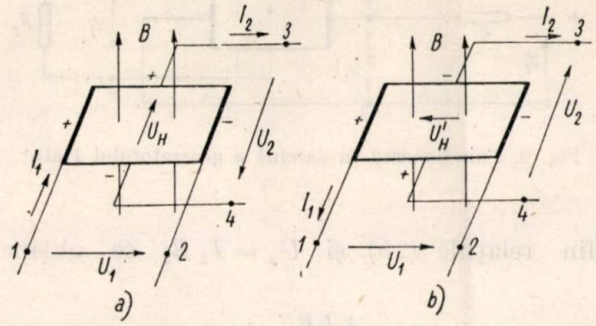


Fig. 8. Efect Hall primar (*a*) și efect Hall secundar (*b*).

axele x, y, k_0 este identic în relațiile (22) și (25).

Sensurile tensiunilor și curenților în cazul *efectului Hall secundar* sînt indicate în fig. 8, *b*.

Alimentarea generatorului s-a făcut în ambele cazuri astfel încît, pentru același sens al cîmpului magnetic excitator, să nu se schimbe sensul curentului I_2.

Sistemul electric al generatorului Hall cu 4 borne poate fi privit ca un cuadripol [15]. Ecuațiile scrise sub formă generală sînt:

$$\left.\begin{aligned} U_1 &= R_{11} I_1 + R_{12} I_2 \\ U_2 &= R_{21} I_1 + R_{22} I_2 \end{aligned}\right\} \qquad (26)$$

În cazul efectului primar Hall, pentru funcționarea în gol, $I_2 = 0$, se obține cu ajutorul relațiilor (22), (26) și fig. 8, *a*:

$$U_2 = U_H;\ R_{11} = \frac{U_1}{I_1} = R_{kg};\ R_{21} = \frac{U_2}{I_1} = k_0 B. \qquad (27)$$

Pentru efectul Hall secundar, la funcționarea în gol, $I_1 = 0$, se obțin din relațiile (25), (26) și fig. 8, *b* rezultatele:

$$U_1 = U'_H;\ R_{12} = \frac{U_1}{I_2} = k_0 B;\ R_{22} = \frac{U_2}{I_2} = -R_{2g}. \qquad (28)$$

Introducînd noile notații din (27) și (28) în ecuațiile (26):

$$\left.\begin{aligned} U_1 &= R_{1g} I_1 + k_0 B I_2 \\ U_2 &= k_0 B I_1 - R_{2g} I_2 \end{aligned}\right\} \qquad (29)$$

Semnele coeficienților indică un cuadripol antireciproc sau girator.

Introducînd, în cazul $B = 0$, notațiile R_{1g0} și R_{2g0} pentru R_{1g} respectiv R_{2g}, se obțin

următoarele rezultate la funcționarea generatorului Hall în sarcină:

Efect primar Hall — se conectează o rezistență R_2 la bornele *3—4* (fig. 9). În consecință

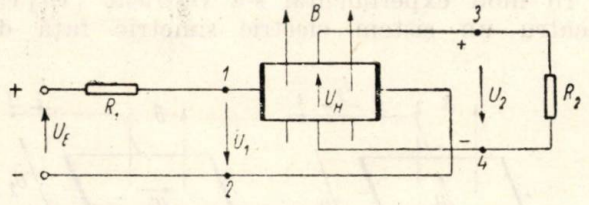


Fig. 9. Funcționarea în sarcină a generatorului Hall.

din relațiile (29) și $U_2 = I_2 R_2$ se obține:

$$U_2 = \frac{k_0 I_1 B}{1 + \frac{R_{2g}}{R_2}} = k_1 I_1 B, \tag{30}$$

în care $k_1 = \frac{k_0}{1 + \frac{R_{2g}}{R_2}} = \frac{k_0}{1 + \frac{1}{\lambda_2} \cdot \frac{R_{2g}}{R_{2g0}}}$. S-a notat aici cu $\lambda_2 = \frac{R_2}{R_{2g0}}$, care se numește „adaptare la repaus" [11].

Se observă că scăderea tensiunii la borne se mărește cu scăderea lui λ_2 și cu creșterea variației rezistenței interioare a circuitului Hall din starea de repaus ($B = 0$) în situația existenței cîmpului magnetic.

Se constată că pentru $\lambda_2 \to \infty$, $U_2 = U_H$, prin urmare mărirea adaptării la repaus ar fi foarte necesară. Se va vedea însă imediat că randamentul generatorului Hall depinde de λ_2 și este mic pentru λ_2 prea mare.

Din aceste motive pentru plăcuța de InAs cu dimensiunile indicate la par. *3.1.*, adaptarea la repaus a fost aleasă $\lambda_2 = 3$ [11].

Efect secundar Hall — se conectează o rezistență R_1 la bornele *1—2*. Printr-un raționament analog se obține:

$$U_1 = k_2 I_2 B \tag{31}$$

k_1 și k_2 se numesc sensibilitățile, primară și secundară, ale generatorului Hall în sarcină.

Este foarte important ca sensibilitatea k_1 a generatorului Hall să fie pe cît posibil independentă de B. Pentru aceasta se acționează asupra raportului $\frac{R_{2g}}{R_{2g0}}$: a) prin adaptarea unei rezistențe de aceeași dependență față de B pentru corecția curentului de comandă I_1; b) prin modificarea lățimii s a electrozilor Hall [11].

În lucrările de specialitate [11], [15] se dau diagrame cu rezultate din măsurători de laborator asupra probelor de InAs și InSb:

$$\frac{R_{2g}}{R_{2g0}} = f(B); \lambda_2 = f(B); s_1 = \frac{U_2}{I_1} = k_1 B = f(B);$$

$$U_H = f(B); \quad R_H = f(t^\circ) \text{ etc.}$$

din care se pot aprecia valorile practice pentru realizarea generatorului Hall.

Încălzirea generatorului Hall depinde de valoarea curentului de excitație I_1 și de modul de evacuare a căldurii. Pentru a mări coeficientul de transmitere a căldurii de cca. 2,4 ori, se încorporează prin presare plăcuța de InAs într-o rășină sintetică. Prin această tratare se mărește și rezistența mecanică a dispozitivului. Dacă generatorul Hall poate fi menținut fix, se presează între polii magnetului ce produc cîmpul magnetic. Coeficientul de transmitere a căldurii se mărește de cca. 14 ori. În această din urmă execuție pentru grosimea plăcuței $d = 0{,}1$ mm și $I_1 = 1{,}5$ A s-a obținut $U_H = 1{,}8$ V [11].

3.3. Randamentul generatorului Hall. În cazul obișnuit al efectului primar Hall, expresia randamentului este:

$$\eta_1 = \frac{P_2}{P_1} = \frac{U_2 I_2}{U_1 I_1}.$$

Ținînd seama că $U_2 = I_2 R_2$ și de valorile U_1 și I_1 obținute din relațiile (29), randamentul devine:

$$\eta_1 = \frac{k_0^2 B^2 R_2}{(R_2 + R_{2g})(R_{1g} R_2 + R_{1g} R_{2g} + k_0^2 B^2)} \tag{32}$$

cu notațiile:

$$\alpha = \frac{k_0^2 B^2}{R_{1g} R_{2g}}; \quad \lambda_2 = \frac{R_2}{R_{2g0}}; \quad \beta = \frac{R_{2g}}{R_{2g0}}$$

relația (32) se transformă în:

$$\eta_1 = \frac{\alpha}{\beta} \cdot \frac{\lambda_2}{\left(1 + \alpha + \frac{\lambda_2}{\beta}\right)\left(1 + \frac{\lambda_2}{\beta}\right)}. \tag{33}$$

Pentru diverse valori ale sarcinii, deci pentru λ_2 variind între 0 și ∞, randamentul trece de la 0 printr-un maximum și revine la 0.

Randamentul maxim are loc pentru:

$$\lambda_2 = \beta \sqrt{1 + \alpha} \tag{34}$$

și are valoarea:

$$\eta_{1max} = \frac{\sqrt{1 + \alpha} - 1}{\sqrt{1 + \alpha} + 1}. \tag{35}$$

Randamentul nu depinde de valoarea curentului I_1 de excitație, ci numai de valoarea

inducției magnetice B. Prin urmare, mărirea lui η_{1max} presupune mărirea inducției B. Chiar dacă $B \to \infty$, tensiunea Hall poate fi cel mult egală cu tensiunea aplicată din exterior generatorului Hall, iar în acest caz R_{1g} și R_{2g} tind către valoarea $k_0 B$.

În consecință $\alpha = 1$, iar valoarea maximă posibilă pentru randamentul generatorului Hall este:

$$\eta_{1\,max\,max} = \frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{2}+1} = 0{,}17. \qquad (36)$$

3.4. Cîteva metode de evitare a erorilor introduse de factori externi sau interni în măsurătorile executate cu generatorul Hall [11], [16]. Din cauza imposibilității de a așeza perfect simetric electrozii Hall, se suprapune peste tensiunea Hall, o cădere de tensiune de natură ohmică, denumită „componenta de nul" a generatorului Hall. Această cădere de tensiune este provocată de curentul de excitație și rezistența ohmică a generatorului în cazul în care electrozii Hall nu se găsesc pe aceeași linie echipotențială pentru $B = 0$. Cu toate că această componentă de nul este foarte mică — — 0,2 mV pentru fiecare creștere de 100 mA a curentului de excitație — totuși împiedică o măsurătoare corectă, tensiunea Hall nemaifiind proporțională cu inducția B.

Se utilizează în acest caz un sistem de compensație (fig. 10) în care $R_1 = R_2 \approx 100\ \Omega$ și $R_0 = 1\ \Omega$.

Din cauza unei foarte mari mobilități electronice a InAs, se produce o destul de importantă variație a rezistenței în funcție de cîmpul magnetic. Deoarece pentru anumite măsurători este foarte important ca să rămînă constant curentul de comandă, se înseriază cu generatorul Hall o rezistență destul de mare, pentru a nu fi influențat curentul de comandă de variația rezistenței plăcuței.

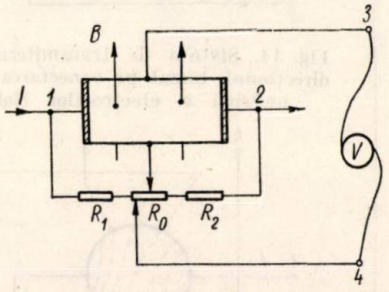


Fig. 10. Compensarea „componentei de nul" a generatorului Hall.

Variația rezistenței plăcuței are influență și asupra proporționalității dintre tensiunea Hall și inducția B și în cazul funcționării în sarcină a generatorului Hall. Din cauza acestui fenomen tensiunea Hall crește mai puțin decît proporțional cu creșterea inducției B. Se poate ajunge printr-o potrivită executare [16] a electrozilor Hall pentru un anumit generator Hall, conectat la o anumită sarcină, la o variație liniară a tensiunii Hall în funcție de inducția B. De asemenea rezistența de sarcină poate fi menținută la o valoare impusă prin conectarea de rezistențe în serie sau paralel cu aparatul sau bucla de oscilograf care formează sarcina.

La măsurarea cîmpurilor magnetice variabile în timp, se poate induce în circuitul Hall o tensiune suplimentară proporțională cu $\frac{dB}{dt}$. Pentru a elimina efectul acestei tensiuni induse se execută legăturile din fig. 11. Suma celor două tensiuni induse în circuit este în acest caz nulă.

La măsurarea cîmpurilor magnetice slabe, se resimte la măsurătoare influența cîmpului magnetic produs de curentul de excitație. Pentru a elimina eroarea produsă se comută curentul de excitație și se ia media tensiunilor obținute la cele două măsurători.

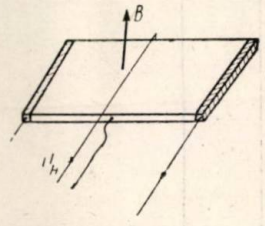


Fig. 11. Eliminarea efectului tensiunii induse suplimentare.

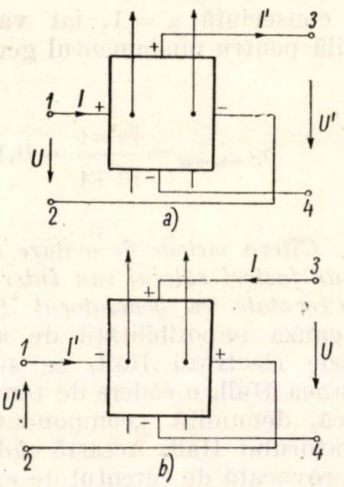
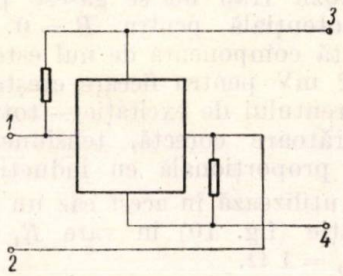
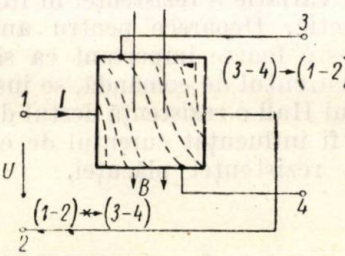
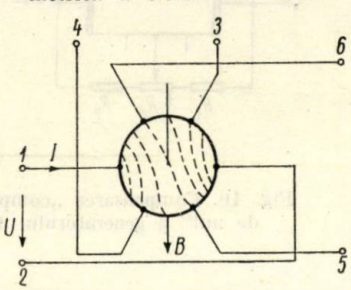
Un dispozitiv ingenios este cel format din două plăcuțe presate una de alta, dar izolate între ele. Ele sînt parcurse de același curent în sens contrar. Electrozii Hall sînt conectați în serie, înregistrîndu-se astfel tensiunea dublă.

Măsurătorile pot fi falsificate și prin apariția efectelor termoelectrice sau Ettingshausen, dar menținînd proba într-o anumită gamă de temperatură sau luînd o serie de alte precauții care variază după felul generatorului și scopul măsurătorii, se poate ajunge la neglijarea acestor erori.

De asemenea, fiecare instalație de măsură poate fi influențată de factorii proprii modului de măsurare respectiv. Eliminarea erorilor poate fi privită ca o problemă ce se rezolvă de la caz la caz pe baza literaturii de specialitate și a experienței personale.

Aplicațiile generatorului Hall

În tabela următoare s-au enumerat o serie de aplicații ale generatorului Hall, așa cum sînt recomandate de literatura tehnică contemporană. Într-adevăr utilizarea pe scară industrială a generatorului Hall s-a efectuat în paralel cu progresele realizate în tehnica semiconductoarelor, iar primele construcții tehnice de dispozitive Hall se situează în jurul anului 1950.

Nr. crt.	Aplicaţia	Descrierea aplicaţiei	Schema
1	2	3	4
1.	**Girator**	O plăcuţă dintr-un material semiconductor, cu laturile $1 = b$ este aşezată într-un cîmp de inducţie B perpendicular pe ea, ca în fig. 12. Contactele se fac la mijlocul fiecărei suprafeţe laterale. Din cauza simetriei perfecte a dispozitivului şi conform par. *3.2.*, se observă că: transferul de la stînga spre dreapta se face identic cu cel de la dreapta spre stînga, dar cu schimbare de semn (fig. 12) (impedanţele de transfer sînt egale şi de semn contrar). Aplicaţiile industriale ale acestui dispozitiv girator, care a fost imaginat în 1946, sînt încă destul de puţin numeroase. Dacă se conectează două rezistenţe (fig. 13) astfel potrivite încît transferul să se facă într-o singură direcţie (impedanţa de transfer în direcţia contrară să fie nulă), se obţine un cuadripol nereciproc unidirecţional, denumit în unele publicaţii „izolator". Acest dispozitiv a fost realizat din germaniu şi utilizat în tehnica electrocomunicaţiilor pentru transmiterea de semnale într-o singură direcţie. Acelaşi efect poate fi realizat printr-o conectare nesimetrică a electrozilor *3—4* (fig. 14). Semnalele nu pot trece de la bornele *1—2* către bornele *3—4*, care se găsesc pe o linie echipotenţială. Cu acest ultim dispozitiv Hall se poate executa un sistem „circulator", în care un semnal poate fi transmis într-o direcţie impusă. O plăcuţă circulară are 6 contacte dispuse ca în fig. 15. Pentru o anumită valoare a inducţiei B, perpendiculară pe plăcuţă, semnalul trimis de *1—2* apare numai în *3—4*, respectiv un semnal trimis de *3—4* apare numai în *5—6* ş.a.m.d. Dacă bornele postului unde se primeşte semnalul sînt legate la un receptor şi parcurse de curent, apare şi un efect Hall adiţional; în acest caz trebuie mărită inducţia B pentru a menţine sistemul circulator. Nu se poate realiza un astfel de circulator cu 4 sau mai multe posturi, deoarece în mod logic un semnal aplicat într-un post este primit de toate celelalte afară de unul. Efectul Hall mai poate avea numeroase aplicaţii în tehnica curenţilor slabi [17] sub formă de amplificator, transductor, modulator, demodulator etc. asupra cărora nu se va insista în lucrarea de faţă.	 Fig. 12. Giratorul.  Fig. 13. Sistem de transmitere unidirecţional.  Fig. 14. Sistem de transmitere unidirecţional bazat pe conectarea nesimetrică a electrozilor Hall.
2.	**Ampermetru**	Cel mai simplu instrument se obţine prin aşezarea unui generator Hall într-un cîmp magnetic constant şi măsurarea tensiunii Hall produsă, care va fi proporţională în acest caz numai cu curentul. În cazul curenţilor care întrec limita admisă, plăcuţa va fi şuntată cu o rezistenţă de valoare impusă. Dispozitivul este avantajos pentru măsura curenţilor de înaltă frecvenţă. Un alt dispozitiv mult mai interesant este realizat pentru măsurarea curenţilor continui de valoare mare. Un jug format din două părţi identice (fig. 16) înconjoară bara prin care trece curentul de măsurat. În cele două întrefieruri sînt dispuse două generatoare Hall identice, comandate de curenţi	 Fig. 15. Sistem circulator. $(1-2) \rightarrow (3-4) \rightarrow (5-6) \rightarrow (1-2)$ $(5-6) \star\!\rightarrow (3-4) \star\!\rightarrow (1-2) \star\!\rightarrow (5-6)$

Urmare

Nr. crt.	Aplicaţia	Descrierea aplicaţiei	Schema
1	2	3	4

de excitaţie constanţi, ale căror borne Hall sînt legate în serie.

Legea cîmpului magnetic scrisă pentru circuitul median, este:

$$\oint_c \mathbf{H}\cdot d\mathbf{l} = H_{a1}\,\delta + H_{a2}\,\delta + H_f\,l_f = I, \quad (37)$$

în care:

H_{a1}, H_{a2}, H_f sînt intensităţile cîmpurilor magnetice, respectiv din aer şi fier;
δ este lăţimea întrefierului;
l_f lungimea liniei de forţă medii în fier;
I — curentul de măsurat.

Dacă se realizează jugul, astfel încît $H_f l_f$ să fie neglijabil în comparaţie cu tensiunile magnetice în aer, relaţia (37) devine:

$$I = \frac{\delta}{\mu_0}(B_{a1} + B_{a2}). \quad (38)$$

Tensiunea Hall totală este proporţională cu $(B_{a1} + B_{a2})$, deci măsoară curentul I.

Acest dispozitiv permite o măsurare corectă a curentului, independentă de influenţa cîmpurilor magnetice exterioare, de influenţa conductorului de întoarcere sau a pieselor de fier din apropiere, deoarece suma inducţiilor din relaţia (38) nu variază.

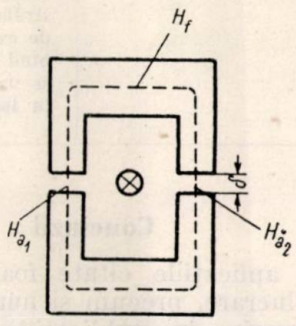
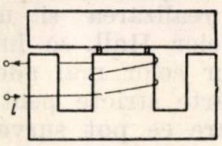


Fig. 16. Utilizarea generatorului Hall la măsurarea curenţilor continui de intensitate mare.



3.	**Wattmetru**	Dispozitivul format dintr-o bobină înfăşurată pe un miez de fier în întrefierul căruia se află un generator Hall se numeşte „multiplicator" (fig. 17). Tensiunea Hall, dată de relaţia (22) fiind proporţională cu produsul valorilor momentane ale curentului şi inducţiei, iar aceste mărimi fiind proporţionale de exemplu cu tensiunea, respectiv curentul absorbit de un receptor, multiplicatorul poate fi utilizat la măsurarea puterii. Această proprietate de multiplicator a fost utilizată şi în tehnica maşinilor de calcul.	
4.	**Magnetometru şi alte dispozitive pentru măsuri magnetice**	— Generatorul Hall poate fi utilizat la măsurarea cîmpurilor magnetice. Dacă curentul de comandă este menţinut constant, tensiunea Hall este proporţională cu inducţia magnetică. De asemenea, generatorul Hall putînd fi executat cu dimensiuni extrem de reduse, se poate determina cu ajutorul lui (sondă Hall de cca. (3×6) mm² şi chiar mai puţin) repartiţia inducţiei magnetice la maşinile electrice. În special utilizarea generatorului Hall a dat rezultate la controlarea cîmpului magnetic şi chiar la reglarea comutaţiei în cazul maşinilor de curent continuu [16]. — Dacă generatorul Hall este aşezat în centrul piesei polare a unei maşini de curent continuu, iar curentul său de comandă este proporţional cu curentul din indus I_i, tensiunea Hall produsă este proporţională cu produsul $B_m I_i$, deci şi cu cuplul M al maşinii: $$U_H = c_1 B_m I_i = c_2 \Phi I_i = c_3 M. \quad (39)$$ Dispozitivul poate fi folosit atît la măsurarea cuplului, cît şi la reglarea unui motor de curent continuu cu cuplu constant.	

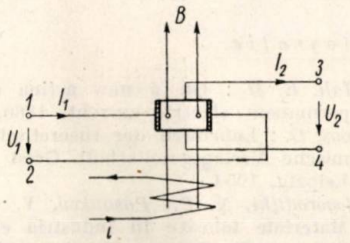


Fig. 17. Sistem multiplicator.

Urmare

Nr. crt.	Aplicația	Descrierea aplicației	Schema
1	2	3	4
		— Cu ajutorul generatorului Hall se pot detecta crăpături în metale invizibile cu ochiul liber. Dacă piesa de metal este străbătută de un flux magnetic datorit de exemplu unui magnet permanent, plimbînd sonda Hall pe suprafața metalului, se vor înregistra pulsații ale tensiunii Hall în locurile unde sînt crăpături.	

Concluzii

Toate aplicațiile citate foarte pe scurt în această lucrare, precum și numeroase alte utilizări descrise în publicațiile de specialitate, arată interesul tehnicienilor pentru dispozitivele care se bazează pe efectul Hall. Generatoarele Hall prezintă avantajul unei constituții relativ simple, al unor dimensiuni extrem de reduse, precum și al unei precizii mulțumitoare în funcționare.

Pentru realizarea și utilizarea corectă a generatoarelor Hall, se impune însă alegerea materialelor celor mai adecvate și luarea de măsuri foarte stricte pentru anularea erorilor de măsurare ce pot surveni în mod deosebit la fiecare tip de dispozitiv în parte.

Bibliografie

[1] *Hall, E. H.*: On a new action of magnetism on a permanent electric current. 1880.

[2] *Joos, G.*: Lehrbuch der theoretischen Physik. Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig K. G., Leipzig, 1954.

[3] *Bogorodițki, N. P., Pasankov, V. V., Tareev, B. M.*: Materiale folosite în industria electrotehnică (trad. din l. rusă). Editura Tehnică, 1952.

[4] *Sergiescu, V.*: Introducere în fizica solidului. Editura Tehnică, București, 1956.

[5] *Fris, S. E.* și *Timoreva, A. V.*: Curs de fizică generală (traducere din l. rusă), vol. 2., Editura Tehnică, 1955.

[6] *Peierels, R. E.*: Quantum theory of solids. Oxford at the Clarendon Press, 1955.

[7] *Joffe, A. F.*: Physik der Halbleiter (trad. din l. rusă). Akademie-Verlag, Berlin, 1958.

[8] *Joffe, A. F.*: Semiconductorii în fizica modernă (în l. rusă). ИЗД. АН СССР Moscova—Leningrad, 1954.

[9] *Frenkel, J. L.*: Introducere în teoria metalelor (în l. rusă) roc. ИЗД. ТЕХ Н.— ТЕОР. ЛИТЕР. Moscova-Leningrad, 1950.

[10] * * * Literatura științifică asupra semiconductorilor. O bibliografie pentru perioada 1920—1952. Sub redacția W. P. Shuse (în l. rusă). ИЗД. АН СССР, Moscova-Leningrad, 1955.

[11] *Hamata, V.*: Generatorul Hall și aplicațiile sale. Elektrotechnicky Obzor, **46** (1957) 8, 405—410.

[12] *Welker, H.*: Neue Werkstoffe mit grossem Hall-Effekt und grosser Widerstandsänderung im Magnetfeld. ETZ-A Bd. **76** (1955), 513—517.

[13] *Welker, H.*: Ueber neue halbleitende Verbindungen I u.II, Zeits. für Naturf. (1952) H. 11. 744—749 și (1953) H. 4, 248—255.

[14] *Gremmelmaier, R.* u. *Madelung, O.*: Herstellung von Einkristallen von Typus A''' B''. Z.f. Naturf. Bd. 8a (1953), 333.

[15] *Kuhrt, F.*: Eigenschaften und Anwendungen der Hallgeneratoren. VDE — Fachberichte 1956. 1—8.

[16] *Kuhrt, F.* u. *Braunersreuther, E.*: Messung des Feldverlaufes im Luftspalt eines Gleichstrommotors mit Hilfe des Halleffektes, ETZ—A, Bd. **77** (1956) 578 — —581.

[17] *Grubbs, W. J.*: Halleffect devices. Bell System Techn. J. **38** (1959), 853 — 876.

Intrat în redacție la 6 februarie 1960.

Stabilirea experimentală a unor parametri electrici în semiconductoarele Si şi Ge

Ovidiu Lupaş * — Bucureşti

Proprietăţile semiconductoarelor se utilizează multilateral în electrotehnică. Astfel, mobilitatea purtătorilor în cristal şi coeficientul Hall interesează în primul rînd pentru stabilirea performanţelor electrice şi alegerea aplicaţiilor practice. În lucrare se comunică date de măsurători efectuate pe probe de Si şi Ge, utile justei întrebuinţări a acestor semiconductoare.

CZ 538.632 :621.317.331

Semiconductoarele şi-au găsit aplicaţii multiple în electrotehnica modernă, fie ca redresoare, transistoare, fie ca elemente de circuit neliniare. In afară de aceste aplicaţii, se utilizează în ultimul timp unele efecte magnetoelectrice şi termoelectrice în semiconductoare, ca efectul Hall, efectul Gauss, efectul Peltier etc., care nu au găsit aplicaţii practice mai largi în cazul metalelor.

Una din aplicaţiile interesante ale generatorului Hall este măsurarea precisă şi pe cale statică a cîmpurilor magnetice şi, în consecinţă, a curenţilor continui mari (de ordinul kA). Această metodă de măsurare este deosebit de potrivită pentru măsurători practice. Acest efect mai are şi alte aplicaţii în fizică şi tehnică.

Efectul Hall s-a dovedit a fi un mijloc de bază pentru investigarea procesului de conducţie şi pentru studierea experimentală a semiconductoarelor. Semnul tensiunii Hall indică felul conductibilităţii — n sau p — iar măsurarea tensiunii Hall şi a conductibilităţii electrice într-un semiconductor impur permite determinarea directă a concentraţiei şi mobilităţii purtătorilor. Metoda de măsurare a concentraţiei impurităţilor cu ajutorul efectului Hall în probe de mare puritate este mai sensibilă cu cîteva ordine de mărime decît cele mai bune procedee chimice. De asemenea, studiul efectului Hall în substanţele semiconductoare a dus la numeroase aplicaţii tehnice [3], [12], [8], aşa încît măsurarea coeficientului Hall este unul din procedeele importante pentru studierea semiconductoarelor.

Fenomenele de transport — conductibilitatea electrică, efectul Hall şi magnetorezistenţa — se datoresc efectului cîmpului electric şi magnetic asupra electronilor cristalului. Astfel, rezistivitatea este raportul între cîmpul electric $\mathbf{E}$ şi densitatea de curent $\mathbf{J}$, tensiunea Hall se datoreşte cîmpului electric adiţional $\mathbf{E}_H$ care apare atunci cînd se aplică un cîmp magnetic $\mathbf{B}$ cristalului, $\mathbf{E}_H$ fiind perpendicular atît pe $\mathbf{J}$ cît şi pe $\mathbf{B}$ şi fiind o funcţie impară de $\mathbf{B}$, iar magnetorezistenţa $\frac{\Delta\rho}{\rho}$ este schimbarea relativă a rezistivităţii sub acţiunea cîmpului magnetic şi este o funcţie pară de $\mathbf{B}$.

Efectul Hall se datoreşte faptului că, la introducerea plăcuţei parcurse de curentul I într-un cîmp magnetic $\mathbf{B}$ (fig. 1), purtătorii

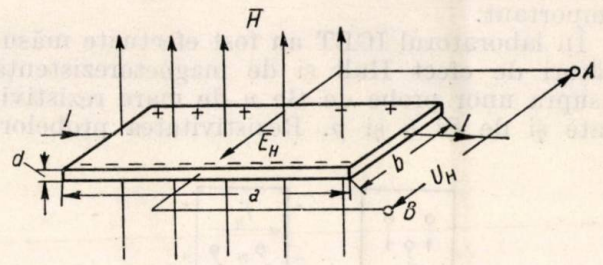


Fig. 1. Producerea efectului Hall.

de sarcină sînt supuşi unei forţe Lorentz $-\frac{e}{c}\,\mathbf{v}\times\mathbf{B}$, e fiind sarcina şi $\mathbf{v}$ viteza lor, şi sînt deviaţi spre marginile probei.

Sarcina electrică care se acumulează pe laturi provoacă apariţia unui cîmp electric transversal $\mathbf{E}_H$, numit cîmp Hall. Acumularea de sarcini continuă pînă cînd cîmpul $\mathbf{E}_H$ atinge valoarea necesară pentru a echilibra forţa deviatoare a cîmpului magnetic. Cîmpul $\mathbf{E}_H$ produce la bornele AB o tensiune egală cu (1), (3), (13):

$$U_H = E_H \cdot b = R_H \cdot \frac{B \cdot I}{d}, \qquad (1)$$

în care:

b este lăţimea probei;
d — grosimea probei;
R_H — coeficientul Hall.

Coeficientul Hall R_H depinde, în general, atît de numărul de purtători pe unitatea de volum, cît şi de mecanismul de conducţie al electronilor în cristal [2].

În situaţia staţionară care se stabileşte, cîmpul Hall nu poate echilibra exact forţa Lorentz decît pentru purtătorii avînd viteza şi deci mobilitatea egală cu cea medie.

Dacă electronii ar avea viteze egale — ceea ce se întîmplă aproximativ în metale — în afara apariţiei tensiunii Hall nu s-ar produce

* Ing. *O. Lupaş* este cercetător la ICET.

nici o modificare prin aplicarea cîmpului magnetic. Deoarece însă în semiconductoare electronii au viteze diferite, tensiunea Hall compensează numai în medie deviaţia electronilor. Pentru electronii prea rapizi, cîmpul E_H nu este suficient de mare pentru a compensa deviaţia datorită cîmpului magnetic, iar pentru electronii lenţi este prea mare. Ca rezultat vor apărea în probă curenţi transversali în direcţii opuse, a căror sumă va fi nulă, dar a căror interacţiune cu cîmpul magnetic va produce modificarea intensităţii efectului magnetorezistiv. Acest efect este deci specific în semiconductoare şi dispare în metale. Dacă totuşi în metale apare o variaţie slabă a rezistenţei, aceasta se datoreşte anizotropiei lor şi o astfel de variaţie apare suplimentar în semiconductoarele anizotrope [13]. În germaniu şi siliciu de puritate mare se constată un efect magnetorezistiv important.

În laboratorul ICET au fost efectuate măsurători de efect Hall şi de magnetorezistenţă asupra unor probe de Ge n de mare rezistivitate şi de Si n şi p. Rezistivitatea probelor,

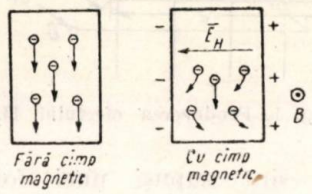


Fig. 2. Producerea efectului magnetorezistiv. Variaţia rezistenţei se datoreşte deviaţiei statistice a electronilor.

determinată la temperatura camerei prin metoda celor două sonde a fost de 15,1 Ω cm la Ge n, 25,1 Ω cm la Si n şi 9,9 Ω cm la Si p. Probele, de formă paralelipipedică au fost tăiate şi şlefuite la dimensiunile din tabela 1 (fig. 1).

Tabela 1

Dimensiunile probelor semiconductoare

	a mm	b mm	d mm
Si n	12,7	2,27	3
Si p	12,2	2,8	1,79
Ge n	11	3,11	1,42

La fixarea dimensiunilor probelor s-a ţinut seama de relaţia $a > 4b$ necesară ca efectul Hall să nu depindă în mod pronunţat de geometria sistemului [10].

Pentru producerea cîmpului magnetic s-a folosit un permeametru tip Neumann, cu jug dublu, proiectat şi executat la ICET, descris în [4], cu care s-au obţinut cîmpuri pînă la 13 000 Oe.

Pentru efectuarea măsurătorilor la temperatura camerei, probele au fost montate pe suporturi de pertinax (fig. 3), prevăzute cu o bobină pentru măsurarea cîmpului magnetic prin metoda balistică. Grosimea suportului cu

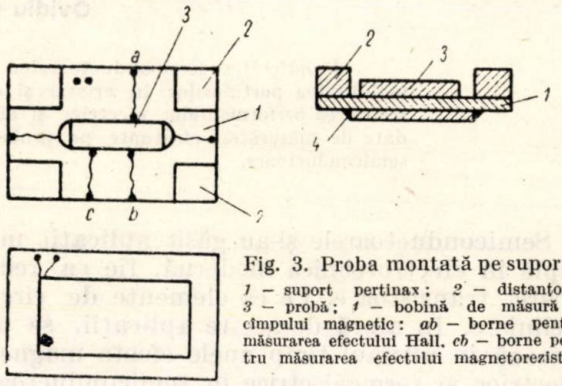


Fig. 3. Proba montată pe suport: *1* – suport pertinax; *2* – distanţori; *3* – probă; *4* – bobină de măsură a cîmpului magnetic; *ab* – borne pentru măsurarea efectului Hall, *cb* – borne pentru măsurarea efectului magnetorezistiv.

proba montată nu a trecut de 5 mm, ceea ce a permis obţinerea unor cîmpuri omogene puternice, la curent redus de lucru în bobinele permeametrului. Variaţia rezistenţei în cîmp magnetic a fost determinată prin măsurarea căderii de tensiune între două puncte ale probei (punctele c şi d, fig. 3). Curentul de probă s-a stabilit măsurînd căderea de tensiune pe o rezistenţă etalon, iar tensiunea Hall şi căderile de tensiune pe o probă şi pe rezistenţa etalon au fost măsurate cu un compensator de curent continuu de tip PPTV 1, avînd drept aparat de nul un galvanometru de masă Hartman Brown.

Asupra probei de Ge n au fost efectuate şi măsurători la temperatura azotului lichid.

Cristalul de Ge n, montat pe un suport de dimensiuni reduse, a fost introdus în cavitatea unei piese masive de cupru plasate într-un criostat fixat între polii permeametrului cu ajutorul unui distanţor de pertinax (fig. 4). Cu această dispoziţie experimentală întrefierul a fost de 30 mm, aşa încît nu s-a putut obţine un cîmp mai mare de 8 000 Oe, fără o încălzire considerabilă a bobinelor permeametrului. Orientarea probei în cîmp s-a făcut prin rotirea piesei de cupru în criostat, pînă ce se obţinea la stabilirea cîmpului deviaţia maximă la galvanometrul de măsură a cîmpului.

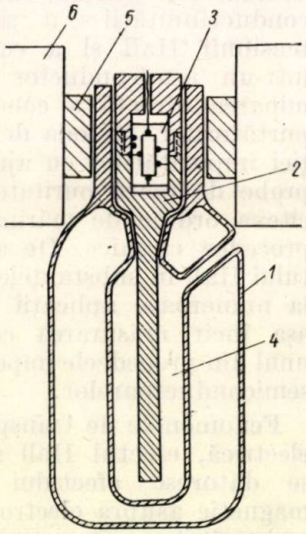


Fig. 4. Dispoziţia probei în criostat: *1* – criostat; *2* – piesă masivă din cupru; *3* – suport cu proba de Ge; *4* – azot lichid; *5* – distanţor de pereţi; *6* – piesele polare ale permeametrului.

Pentru eliminarea efectelor termomagnetice și galvanomagnetice, asociate nedorite, căderea de tensiune la contactele Hall din cauza alinierii imperfecte a contactelor pe probă, efectul Ettingshausen, efectul Nernst și efectul Righi-Leduc, la fiecare valoare a cîmpului magnetic s-a făcut o serie de patru măsurători ale tensiunii la contactele Hall, inversînd sensul cîmpului magnetic B și al curentului I prin probă cu toate combinațiile posibile.

Din cele patru tensiuni obținute $U_1\,(B, +I)$; $U_2\,(+B, -I)$; $U_3\,(-B,-I)$ și $U_4\,(-B,+I)$ rezultă, ținînd seama de felul în care fiecare din efectele asociate depinde de B și I, valoarea tensiunii dată de efectul Hall și efectul Ettingshausen [1], [11]:

$$U_H = \frac{U_1 - U_2 + U_3 - U_4}{4}. \qquad (2)$$

Efectul Ettingshausen, care depinde de curent și cîmp în același fel ca și efectul Hall, nu poate fi eliminat prin măsurători de curent continuu. În măsurători de efect Hall în Ge tensiunea datorită efectului Ettingshausen este considerată ca fiind mai mică de 5% din tensiunea Hall și a fost neglijată.

Măsurătorile efectuate au dus la următoarele rezultate experimentale.

Tabela 2

Măsurători de efect Hall pe Si p

$T = 294\,°K$ $I = 1{,}5$ mA

B gauss	$U_1(+B,+I)$ mV	$U_2(+B,-I)$ mV	$U_3(-B,-I)$ mV	$U_4(-B,+I)$ mV	U_H mV	Coeficient Hall R_H 10^3 cm³/As
6 720	46,3	−47,10	−42,60	43,50	1,825	3,26
8 500	45	−45,76	−41,06	40,40	2,325	3,29
10 950	46,16	−46,88	−40,56	40,17	3,00	3,29
11 820	46,69	−47,34	−40,98	40,17	3,22	3,27

Tabela 3

Măsurători de efect Hall pe Si n

$T = 295\,°K$ $I = 1{,}5$ mA

B gauss	$U_1(+B,+I)$ mV	$U_2(+B,-I)$ mV	$U_3(-B,-I)$ mV	$U_4(-B,+I)$ mV	U_H mV	Coeficient Hall R_H 10^3 cm³/As
1	2	3	4	5	6	7
2 400	9,75	− 9,70	−1,85	1,83	3,94	3,28
2 400	9,50	− 9,30	−1,87	1,33	4,05	3,28
8 550	19,24	−19,36	8,83	−8,83	14,06	3,25
9 270	20,60	−20,60	9,80	−9,70	15,175	3,27
11 280	23,60	−23,70	13,00	−13,04	18,335	3,25
11 320	23,30	−23,50	13,32	−13,20	18,33	3,24
12 550	25,40	−25,30	15,40	−15,30	20,35	3,25
12 760	25,70	−25,70	15,40	−15,40	20,55	3,23

Tabela 4

Măsurători de efect Hall pe Ge n

$T = 295\,°K$ $I = 1{,}5$ mA

B gauss	$U_1(+B,+I)$ mV	$U_2(+B,-I)$ mV	$U_3(-B,-I)$ mV	$U_4(-B,+I)$ mV	U_H mV	R_H 10^4 cm³/As
460	6,87	−6,90	−5,40	5,40	0,7425	4,61
780	7,40	−7,40	−4,90	4,80	1,275	4,64
1 730	8,90	−8,97	−3,34	3,34	2,80	4,59
2 280	9,80	−9,84	−2,50	2,50	3,66	4,56
2 700	10,50	−10,50	−1,88	1,88	4,31	4,54
3 150	11,10	−11,10	−1,25	1,30	4,91	4,44
3 610	11,90	−11,90	−0,55	0,55	5,68	4,46
4 040	12,50	−12,44	0,06	−0,06	6,265	4,41
4 300	12,98	−12,98	0,44	−0,44	6,71	4,43
4 830	13,74	−13,74	1,13	−1,13	7,43	4,38
5 160	14,30	−14,30	1,70	−1,70	8,00	4,40
5 750	15,10	−15,10	2,40	−2,40	8,75	4,33
7 400	18,05	−18,05	4,70	−4,70	11,375	4,36
7 960	18,90	−18,90	5,42	−5,42	12,16	4,34
8 870	20,40	−20,40	6,65	−6,65	13,525	4,34

Tabela 5

Măsurători de efect Hall pe Ge n

T joase. Proba în azot lichid $I = 0{,}5$ mA

B gauss	$U_1(+B,+I)$ mV	$U_2(+B,-I)$ mV	$U_3(-B,-I)$ mV	$U_4(-B,+I)$ mV	U_H mV	R_H 10^4 cm³/As
858	2,90	− 2,80	0,70	−0,60	1,775	5,87
1 290	3,80	− 2,70	1,30	−1,20	2,50	5,50
1 710	4,60	− 4,50	2,00	−1,90	3,25	5,38
2 230	5,50	− 5,40	3,00	−2,90	4,20	5,35
2 620	6,20	− 6,20	3,50	−3,40	4,825	5,24
3 000	7,00	− 6,90	4,10	−4,00	5,50	5,21
3 650	8,20	− 8,10	5,10	−4,95	6,61	5,16
3 970	8,80	− 8,70	5,70	−5,60	7,20	5,16
4 270	9,30	− 9,30	6,10	−6,00	7,68	5,10
4 710	10,10	− 9,90	6,70	−6,60	8,33	5,02
5 170	10,90	−10,85	7,40	−7,30	9,11	5,01
5 450	11,50	−11,40	7,90	−7,80	9,65	5,03
6 050	12,50	−12,35	8,80	−8,60	10,56	4,96
6 500	13,60	−13,5	9,90	−9,80	11,70	5,10

Tabela 6

Măsurători de magnetorezistență pe Si p

$T = 294°K$ $I = 1{,}5$ mA

B gauss	R_0 * Ω	R_B Ω	ΔR_B Ω	$\frac{\Delta\rho}{\rho_B}$ %	$\frac{\Delta\rho}{\rho_0}$ %
1 820	106,87	106,937	0,67	0,062	0,062
3 080	106,93	107,13	0,14	0,1305	0,131
7 260	106,92	107,47	0,55	0,512	0,515
11 500	106,93	108,13	1,20	1,109	1,121
12 950	106,90	108,40	1,50	1,385	1,405

* Cu R_0 și R_B s-a notat rezistența probei între contactele c și d (fig. 3) măsurate în absența și respectiv în prezența cîmpului magnetic B.

Din rezultatele experimentale se observă că, pentru Si n și Si p, valorile de 12 500 gauss care s-au atins în măsurători sînt situate în domeniul de cîmp slab, ceea ce rezultă din

Tabela 7

Măsurători de magnetorezistenţă pe Si *n*

$T = 294°K$ $I = 1{,}5$ mA

B gauss	R_0 Ω	R_B Ω	ΔR_B Ω	$\frac{\Delta\rho}{\rho_B}$ %	$\frac{\Delta\rho}{\rho_0}$ %
1 680	175,50	175,62	12	0,0684	0,0684
3 040	175,50	175,814	0,314	0,178	0,178
7 310	175,50	177,12	1,62	0,914	0,922
11 380	175,43	178,90	3,47	1,94	1,975
12 850	175,46	179,63	4,17	2,32	2,38

Tabela 8

Măsurători de magnetorezistenţă pe Ge *n*

$T = 294°K$ $I = 0{,}5$ mA

B gauss	R_0 Ω	R_B Ω	ΔR_B Ω	$\frac{\Delta\rho}{\rho_B}$ %	$\frac{\Delta\rho}{\rho_0}$ %
780	156,60	156,80	0,20	0,128	0,128
1 760	156,60	157,48	0,96	0,609	0,614
2 650	156,60	158,48	1,88	1,186	1,20
3 110	156,60	159,10	2,50	1,57	1,595
3 500	156,60	159,77	3,16	1,98	2,02
4 440	156,60	161,26	4,66	2,89	2,98
5 030	156,60	162,32	5,72	3,52	3,65
5 850	156,60	163,90	7,30	4,45	4,66
6 360	156,60	164,90	8,30	5,03	5,31
6 820	156,60	165,82	9,22	5,56	5,89
7 120	156,60	166,40	9,80	5,89	6,27
8 700	156,60	169,80	13,20	7,82	8,47
9 150	156,60	171,05	14,45	8,45	9,23
10 290	156,60	173,90	17,30	9,95	11,05
11 150	156,60	176,20	19,60	11,12	12,51
11 700	156,60	177,90	21,30	11,96	13,60

Tabela 9

Măsurători de magnetorezistenţă pe Ge *n*

T joasă. Proba în azot lichid $I = 0{,}5$ mA

B gauss	R_0 Ω	R_B Ω	ΔR_B Ω	$\frac{\Delta\rho}{\rho_B}$ %	$\frac{\Delta\rho}{\rho_0}$ %
860	30,6	31,8	1	3,15	3,25
1 290	29,2	30,9	1,7	5,50	5,83
1 715	29,8	32,4	2,6	8,03	8,72
2 230	30,6	35,0	4,4	12,58	14,40
2 620	29,4	34,9	5,5	15,75	18,70
3 020	29,4	36	6,6	18,35	22,45
3 640	29,6	38,2	8,6	22,50	29,10
4 050	30,6	41	10,4	25,40	34,0
4 270	29	39,4	10,4	26,40	35,9
4 710	29,4	41,8	12,4	22,60	42,2
5 170	30,6	44,2	13,6	30,80	44,4
5 450	29,2	43,4	14,2	32,7	48,6
6 050	30,2	46,4	16,2	34,9	53,6
6 220	29,5	46,6	17,1	36,7	58
6 780	29,4	48,2	18,8	29,1	64
7 060	29,6	48,8	19,2	39,3	64,9
8 430	29,4	53	23,6	44,5	80,2
8 520	29,6	52,8	23,6	44,6	79,6

faptul că se obţine o variaţie neînsemnată a coeficientului Hall cu cîmpul magnetic (tabelele 2 şi 3) şi din faptul că variaţia rezistenţei în cîmpul magnetic este apropiată de cea parabolică (fig. 6 şi 7) ceea ce are loc în cîmpuri slabe, la cîmpuri puternice $\frac{\Delta\rho}{\rho}$ crescînd întîi liniar şi tinzînd apoi către o valoare de saturaţie [2].

În Ge *n* la temperatura camerei, condiţia

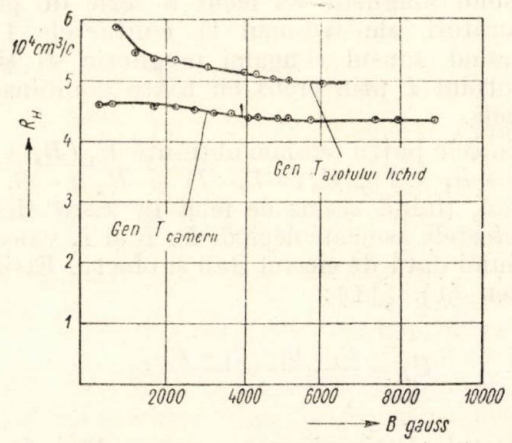


Fig. 5. Variaţia coeficientului Hall cu cîmpul magnetic la Ge *n*.

de cîmp slab nu este satisfăcută decît pentru cîmpuri mai mici de 1 000 gauss. Peste aceste valori se observă o saturare a coeficientului Hall şi o abatere sensibilă a creşterii rezistenţei în cîmp magnetic de la forma parabolică (fig. 7). La temperatura azotului lichid, condiţia de cîmp slab nu mai este satisfăcută decît pentru valori

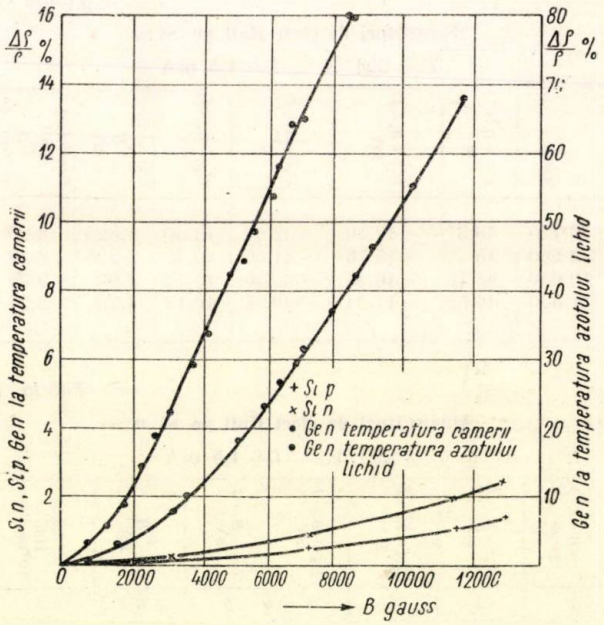


Fig. 6. Variaţia rezistenţei cu cîmpul magnetic.

ale cîmpului magnetic mai mici de 1 000 gauss. Peste 5 000 gauss este satisfăcută condiţia de cîmp puternic, coeficientul Hall atingînd valoarea de saturaţie. Comportarea diferită a Si *n*, Si *p* şi Ge *n* se datoreşte mobilităţii diferite a purtătorilor.

Din valoarea coeficientului Hall de cîmp slab R_H şi a conductibilităţii electrice σ rezultă următoarele valori ale mobilităţii μ a purtătorilor în Ge şi Si:

Si $n\mu_n = R_H \cdot \sigma = 1\,305$ cm²/VS
Si $p\mu_p = 331$ cm²/VS
Ge $n\mu_n = 3\,050$ cm²/VS la temperatura camerei
Ge $n\mu_n = 18\,850$ cm²/VS la temperatura azotului lichid

în bună concordanţă cu valorile găsite de Conwell [2] şi de Cronemeyer [5]. Variaţia coeficientului Hall cu cîmpul implică produsul μ^4H^4, magnetorezistente pe μ^3H^3, iar criteriul de cîmp slab sau puternic este determinat de valoarea produsului μ^2H^2. De aceea, era de aşteptat ca la Si n şi Si p, în care mobilitatea are valori reduse, să fie realizată condiţia de cîmp slab, în timp ce în Ge n, mai ales la temperaturi joase, să nu fie realizată condiţia aceasta pentru valori mari ale cîmpului magnetic.

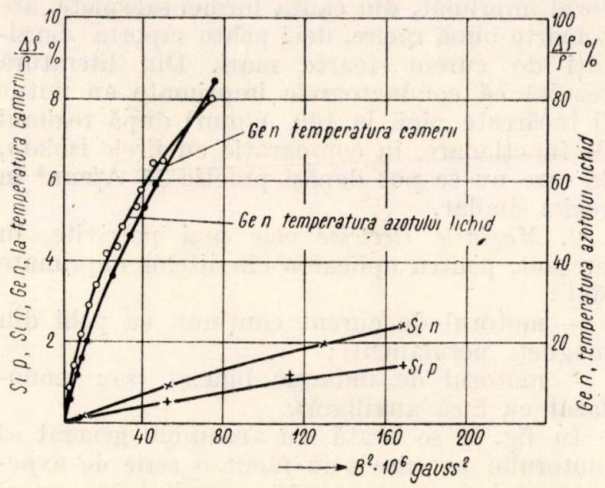


Fig. 7. Raportul $\frac{\Delta\rho}{\rho} = f(B^2)$ care indică abaterea lui $\frac{\Delta\rho}{\rho} = f(B)$ de la o variaţie parabolică.

Din valoarea coeficientului Hall de cîmp slab rezultă următoarele valori ale concentraţiei purtătorilor în probele măsurate:

Si $nn = 2{,}25.10^{14}$ 1/cm³
Si $pp = 2{,}24.10^{15}$ 1/cm³
Ge $nn = 1{,}06.10^{14}$ 1/cm³ la temperatura camerei
$p = 2{,}8.10^{12}$ 1/cm³

În calculul concentraţiei purtătorilor s-a ţinut seama că probele de Si n şi p sînt puternic extrinseci, în timp ce Ge n de rezistivitate mare este apropiat de domeniul intrinsec, aşa că nu poate fi neglijată influenţa găurilor asupra coeficientului Hall.

Din măsurătorile efectuate se poate constata că proba de germaniu este mai indicată pentru a fi utilizată ca generator Hall la măsurarea cîmpurilor magnetice şi deci a curenţilor continui mari, dat fiind că această probă are un coeficient Hall sensibil mai mare decît probele de siliciu, rezistivitatea fiind de acelaşi ordin de mărime.

Bibliografie

[1] *Lindberg O.*: Hall effect. Proceedings of the IRE **40** (1952) 11, 1414–1419.

[2] *Conwell M. E.*: Properties of Silicon and Germanium. Proc, IRE **40** (1952) 11, 1327–1337. Proc. IRE **46** (1958) 6, 1281–1299.

[3] *Hortopan V.*: Studiul generatorului Hall. Electrotehnica **8** (1960) 5, 145–154.

[4] *Popescu Ch.*: Măsurători de magneţi permanenţi în laboratorul I.C.P.E.T. Electrotehnica **4** (1956) 9, 410–416.

[5] *Cronemeyer C. D.*: Hall and Drift mobilities in High Resistivity single crystal Silicon. Physical Review **105** (1957) 2, 522–523.

[6] *Swanson A.*: Saturation Hall constant of Semiconductors. Phys. Rev. **107** (1957) 672–677.

[7] *Февралева Н. Э.* Использование эффекта Холла в германии для измерений магнитного потока. Вопросы магнитных измерений. Изд Акад. Наук. УССР. Киев 1959, стр. 86–95.

[8] *Juze V. P.*: Utilizarea efectului Hall în semiconductori. Folosirea semiconductorilor în construcţia de aparataj (traducere din limba rusă). I.D.T. Bucureşti 1959, 112–134.

[9] *Van der Pauw L. J.*: A method of measuring specific Resistivity and Hall effect of Discs of Arbitrary Shape. Phil. Res. Rep. **13** (1958) 1, 1–9.

[10] *Kuhrt F., Lippmann H. J.*: Der Geometrieeinfluss auf den Halleffekt bei rechteckigen Halbleiterplatten. Z. Naturforschung **13 a** (1958),474–483.

[11] *Madelung O.*: Zur Theorie der thermoelektrischen Effekte in Halbleitern. Z. Naturforschung **13 a** (1958), 22–25.

[12] *Grubbs T. W.*: Hall effect devices. The Bell System. Technical Journal **38** (1959) 3, 853–876.

[13] *Madelung O.*: Die Theorie der galvanomagnetischen Effekte in Halbleitern. Halbleiterprobleme Band II, F. Wieweg Braunschweig, 1955, 76–94.

Intrat în redacţie la 7 martie 1960.

7/547/66
LEFORDITVA

Circuitele imprimate aplicate la bobinajele mașinilor electrice rotative

Henri Aslan * — București

Realizarea de mașini electrice rotative, în care bobinajul indus este realizat din circuite imprimate în izolant sau masă magnetică, poate prezenta o serie de avantaje importante. Posibilitățile multiple pe care le au aceste mașini pot interesa industria într-un grad înalt.

CZ 621.313.17.045.15

Succesul obținut de „circuitele imprimate" în alte ramuri ale industriei electrotehnice de la noi și din alte țări făcea să se prevadă aplicarea acestor circuite la mașinile electrice rotative [1].

1. *Circuitele imprimate* sînt caracterizate prin conductoare de secțiune lată, dar subțire (cîteva zecimi sau sutimi de mm), așezate la (sau parțial cufundate în) suprafața unui izolant, în cele mai multe cazuri el însuși subțire.

Pentru obținerea acestei construcții se găsesc în literatura de specialitate 7—8 metode principale [2]. Descriem aici cele două metode care par mai potrivite pentru mașinile electrice rotative și valabile mai ales în perioadele de experimentare.

a) Pe suprafața plană și netedă a izolantului se reproduc, fie prin matrițare fie altfel, concavitățile în care se vor afla conductoarele. Pentru prototipuri experimentale se pot obține concavitățile și prin frezare. Pe fundul concavităților se așază un strat subțire de grafit, de argint coloidal sau de altă substanță bună conducătoare de electricitate. Experiențele făcute cu argint coloidal au dat rezultatele cele mai bune. În cazul matrițării, imprimarea și presarea stratului conductor se pot face în aceeași operație. Umplerea restului concavității se face prin depunerea de cupru în baie electrolitică.

b) Pe suprafața izolantului (sau chiar pe o suprafață metalică, dar în acest caz cu un clei izolant) se lipește o foaie de cupru de grosime potrivită. Suprafața cuprului se acoperă cu un strat de lac. O serie de rezultate satisfăcătoare au fost obținute cu lacul de bachelită numai parțial polimerizat. Pe suprafața lăcuită se trasează, prin zgîriere, separarea între conductoare. Cuprul astfel dezvelit este atacat cu acid. Experiențele făcute cu acid ortofosforic în baie electrolitică au dat rezultate bune.

Pentru fabricația de serie se poate folosi procedeul folosit în zincografie, întrebuințîndu-se un lac sensibilizat, care este impresionat de imaginea, redusă pe cale fotografică, a unui desen executat foarte precis, la o scară mult mai mare.

Avantajele circuitelor imprimate sînt :

— În primul rînd, costul redus în cazul fabricației în serie importantă, ca urmare a reducerii manoperei, a simplificării izolației, a simplificării legăturilor etc.

— Reducerea prețului apare și ca o consecință a reducerii cantității de cupru : conductorul imprimat, din cauza formei sale plate, are o foarte bună răcire, deci poate suporta densități de curent foarte mari. Din literatură rezultă că conductoarele imprimate au putut fi încărcate pînă la 100 A/mm² după regimul de funcționare, în comparație cu firele izolate, la care nu se pot depăși practic 15 A/mm² în regim similar.

2. *Mașinile electrice* cele mai potrivite, în prezent, pentru aplicarea circuitelor imprimate sînt :

— motorul de curent continuu cu polii din magneți permanenți ;

— motorul de inducție bifazat (sau monofazat cu fază auxiliară).

În fig. 1 se arată un ansamblu general al motorului pe care s-au făcut o serie de experimentări și care concordă cu realizările cunoscute [3].

Partea interesantă a mașinii este rotorul. El este format dintr-un disc de plexiglas cu diametrul exterior de 90 mm, diametrul interior 30 mm și grosimea 2 mm. Pe ambele fețe este lipită cîte o foaie de cupru groasă de 0,3 mm. O operație delicată este legătura electrică între cele două foi de cupru. Lipitura cu cositor poate pricinui anumite greutăți în timpul atacării cu acid ortofosforic. Este preferabilă obținerea acestei legături pe cale mecanică.

Forma bobinajului imprimat este arătată în fig. 2. Trasarea pentru decuparea conductoarelor se poate face la prototipuri experimentale și manual, în care caz însă se limitează numărul de conductoare rotor, ceea ce scade tensiunea de alimentare. De asemenea nici lățimea conductorului nu poate fi menținută riguros constantă.

Importanța curentului de alimentare obligă să se folosească un mare număr de perii. Frecările acestor perii nu sînt neglijabile la mașini

* Ing. *Henri Aslan*, laureat al Premiului de Stat, este șef de laborator la Institutul de Cercetări Electrotehnice — București.

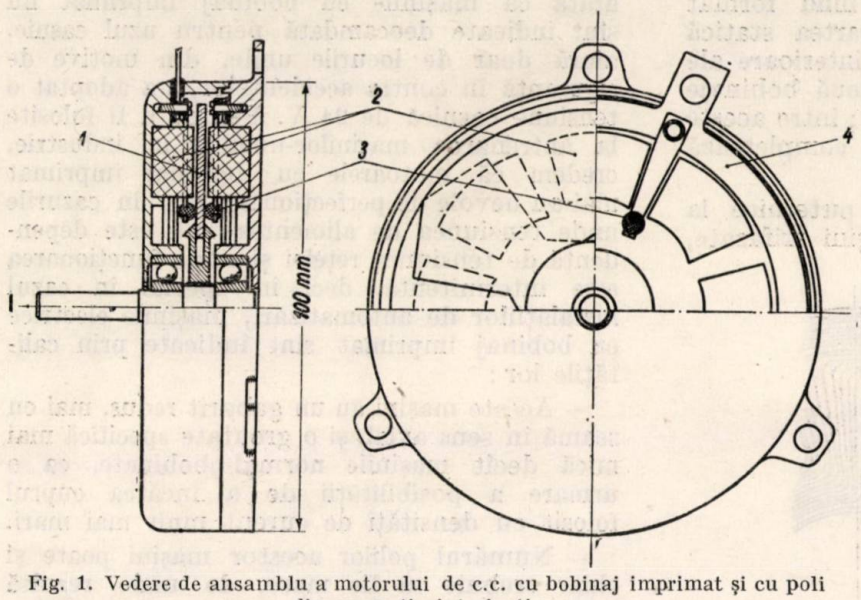


Fig. 1. Vedere de ansamblu a motorului de c.c. cu bobinaj imprimat și cu poli din magneți sinterizați:

1 – disc rotor cu bobinaj imprimat; *2* – polii din magneți sinterizați; *3* – perii de grafit; *4* – inel de legătură între portperii.

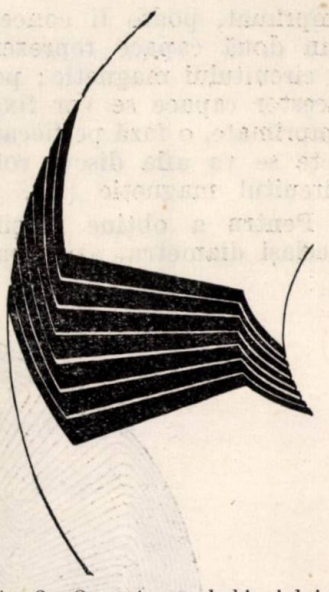


Fig. 2. O parte a bobinajului imprimat pe discul rotor al motorului de c.c. Porțiunile late și umbrite sînt conductoare.

Tabela 1

Diametrul discului mm 1	Numărul de poli 2	Numărul de conductoare 3	Rezistență bobinaj 4	f.c.e.m. la 1 000 rot/min V 5	I pentru o durată scurtă A 6	I_N la mers continuu A 7	$\gamma_{max} = \frac{C}{I}$ rd/s²	C_{max} kg cm	P_N 3 000 rot/min W 8
51	6	2×49	0,13	0,27	36	7,2	56 000	0,95	29
76	6	2×49	0,11	0,60	60	12	32 000	3,5	108
92	8	2×97	0,60	1,45	30	6	23 400	4,2	130
168	8	2×97	0,35	5,00	73	14,5	11 000	35,4	1 100
168	8	2×141	0,51	7,30	50	10	11 000	35,4	1 100
216	8	2×141	0,47	13,00	81	16	8 500	102,0	3 150

de putere mică. Presiunea periilor, cum și calitatea materialului folosit pentru perii, au o mare importanță și necesită un studiu amănunțit.

Pentru a se avea o imagine justă a calităților acestui fel de mașini, dăm mai sus o tabelă cu performanțe obținute în alte țări, cu mașini de acest tip.

Motorul de inducție cu bobinaj imprimat nu este descris în literatura străină de specialitate; este numai menționat că a fost realizat în Franța. Pe baza experienței căpătate de noi putem spune despre el următoarele:

Față de motorul de curent continuu, motorul de inducție va fi mai ușor de realizat pentru că bobinajul imprimat se va afla pe stator în loc de rotor, iar în cazul bobinajelor imprimate pe două fețe ale unui disc, legătura electrică între cele două fețe se va face numai în două puncte și pentru că pe aceste bobinaje nu vor trebui să frece perii. În schimb, se ivesc alte două greutăți:

— Circuitul magnetic nu mai poate fi executat din fier masiv. Va trebui să se recurgă la una din soluțiile deja folosite în industrie, pentru mașinile cu întrefier radial—tolele așezate radial sau în spirală—sau poate să se folosească un material special de tipul ceramicii magnetice.

— Întrefierul trebuie să fie mic. Consecința acestei necesități este așezarea bobinajului imprimat direct pe suprafața magnetică de care va fi izolat eventual prin adezivul folosit.

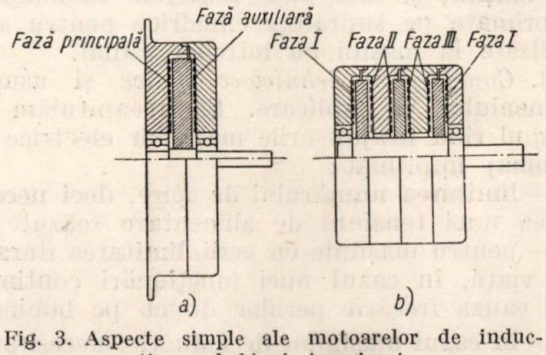


Fig. 3. Aspecte simple ale motoarelor de inducție cu bobinaje imprimate:

a – motor bifazat sau monofazat cu fază auxiliară; *b* – motor trifazat.

Cel mai simplu motor de inducție, bifazat sau monofazat cu faza auxiliară, cu bobinaj

imprimat, poate fi conceput ca fiind format din două capace reprezentînd partea statică a circuitului magnetic; pe fețele interioare ale acestor capace se vor fixa cele două bobinaje imprimate, o fază pe fiecare capac; între aceste fețe se va afla discul rotor care completează circuitul magnetic (fig. 3, *a*).

Pentru a obține mașini mai puternice la același diametru, sau pentru mașini trifazate,

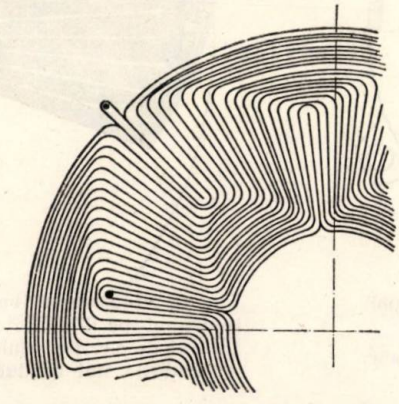


Fig. 4. Un sfert din bobinajul imprimat al unei faze a unui motor de inducție. Cele două puncte indică intrarea și ieșirea (sau legătura la discul înseriat). (2p = 10)

se pot folosi mai multe bobinaje imprimate plane, legate convenabil. În acest fel se va putea mări și tensiunea de funcționare. Aceasta implică așezarea mai multor discuri rotor pe același ax și greutatea reglării mai multor întrefieruri axiale, deci o mare precizie în execuție (fig. 3, *b*).

În fig. 4 este arătat un bobinaj imprimat pentru o fază a unei mașini de inducție cu zece poli.

Stadiul actual al mașinilor electrice cu circuite imprimate, implică o extindere și la alte tipuri de mașini, și mai ales folosirea bobinajelor imprimate pe suprafețe cilindrice pentru a fi utilizate la mașini cu întrefier radial.

3. *Considerații tehnico-economice* și asupra domeniului de aplicare. Să recapitulăm în primul rînd neajunsurile mașinilor electrice cu bobinaj imprimat:

— limitarea numărului de spire, deci necesitatea unei tensiuni de alimentare scăzute;

— pentru mașinile cu perii, limitarea duratei de viață, în cazul unei funcționări continue, din cauza frecării periilor direct pe bobinaj;

— în cazul mașinilor de inducție, necesitatea de a cuprinde în întrefier și grosimea bobinajului imprimat.

Analiza acestor neajunsuri, inerente bobinajului imprimat, în stadiul actual al chestiunii, arată că mașinile cu bobinaj imprimat nu sînt indicate deocamdată pentru uzul casnic, afară doar de locurile unde, din motive de siguranță în contra accidentelor, s-a adoptat o tensiune casnică de 24 V. Pentru a fi folosite la antrenarea mașinilor-unelte în industrie, credem că motoarele cu bobinaj imprimat mai au nevoie de perfecționări. Dar în cazurile unde tensiunea de alimentare nu este dependentă de tensiunea rețelei și unde funcționarea este intermitentă, deci în special în cazul instalațiilor de automatizări, mașinile electrice cu bobinaj imprimat sînt indicate prin calitățile lor:

— Aceste mașini au un gabarit redus, mai cu seamă în sens axial, și o greutate specifică mai mică decît mașinile normal bobinate, ca o urmare a posibilității de a încărca cuprul folosit cu densități de curent mult mai mari.

— Numărul polilor acestor mașini poate și chiar trebuie să fie mare, de unde rezultă viteze de rotație mici, ceea ce nu se poate obține de la motoarele mici, normal bobinate. Prin folosirea motoarelor cu bobinaj imprimat se pot reduce, și în unele cazuri chiar suprima, demultiplicările de turație.

— Motoarele de curent continuu cu bobinaj imprimat au o foarte mică inerție. Timpul de pornire și de oprire poate fi mult redus. În raport cu greutatea și cu gabaritul lor, cuplul dezvoltat este mare. Posibilitatea unei mai mari încărcări a bobinajului imprimat dă mașinilor cu acest bobinaj posibilitatea unei mari încărcări de scurtă durată.

— Costul mașinilor electrice cu bobinaj imprimat este în general mai mic decît al mașinilor cu bobinaj normal și depinde de metoda adoptată pentru fabricarea bobinajului imprimat și de gradul de mecanizare a acestui proces. Economia acestor mașini rezultă și din faptul că cuprul din mașină este mai bine folosit. Aici trebuie ținut seamă că cuprul economisit este un cupru scump, fiind vorba de mașini mici și deci de fir foarte subțire.

Multiplele posibilități ale mașinilor electrice cu bobinaje imprimate vor duce la extinderea folosirii lor în diferite ramuri ale automatizării și probabil și în alte domenii.

Bibliografie

[1] *Dumaire M.* și *Baudot J. H.*: Lecteur rapide de ruban perforé pour applications industrielles. Électronique Industrielle (1958) 22, 165—168.

[2] *Swiggett L. R.*: Printed Circuits. Rider, New York, 1957.

[3] *Baudot J. H.*: Moteurs à bobinages imprimés pour servomecanismes à hautes performances. L'Onde Electrique, **39** (1959) 383, 133—137.

Intrat în redacție la 9 decembrie 1959.

Proiectarea izolatoarelor suport pînă la 35 kV fabricate în R.P.R.*

Chiril Popescu și **Florin Tănăsescu**** — București

În legătură cu cercetările care se fac în R.P.R. pentru îmbunătățirea performanțelor izolatoarelor ceramice, autorii au efectuat, în cadrul ICET, cercetări în vederea proiectării de noi izolatoare suport cu un preț de cost cît mai scăzut și care să corespundă cerințelor tehnicii moderne, utilizînd porțelan fabricat în țară.

Se prezintă rezultatele cercetărilor din care reies și avantajele economice ale acestor noi tipuri de izolatoare față de cele fabricate pînă acum în țară.

CZ 621.315.623.001.6 (498

Pe linia obținerii de produse de calitate și cu un preț de cost cît mai scăzut s-au studiat în ICET posibilitățile realizării în țara noastră a unor tipuri de izolatoare suport de interior de 6, 10, 15, 35 kV și suport de exterior de 15 kV de tip nou, care să răspundă cererilor tehnicii moderne.

Proiectarea acestor tipuri de izolatoare s-a făcut atît pe baza concluziilor cercetărilor anterioare efectuate în ICET asupra izolatoarelor suport de interior indigene de 6, 10, 20, 35 kV [1], cît și pe baza experienței altor țări în acest domeniu.

1. Stadiul actual în tehnică

În ultimii zece ani s-a făcut tot mai resimțită tendința reducerii dimensiunilor izolatoarelor. Propunerile care s-au făcut în acest sens au privit în special scăderea valorii tensiunii minime de conturnare pentru izolatoarele de aceeași serie, sau o formă complet nouă a lor [2].

1.1. Izolatoare suport de interior 6—35 kV. Cercetările care au urmărit obținerea de economii în construcția izolatoarelor suport de interior, fără a se renunța la performanțele electrice și mecanice, au dus la realizarea tipurilor cu armături interioare.

În U.R.S.S. se fac izolatoare cu armături interioare chituite pentru seriile 6, 10, 20 kV capabile să suporte eforturi de încovoiere pînă la 2 000 kgf iar în prezent se fac studii în vederea realizării celor de tip exterior, tot cu armături interioare [3].

În R.D.G., în paralel cu izolatoarele cu armături interioare chituite, s-au studiat și realizat și izolatoarele cu armături interioare nechituite [4, 5].

În R.F.G. s-au realizat de către A.E.G. izolatoare suport de interior cu armături interioare chituite, toate seriile de tensiuni de la 1 kV pînă la 30 kV inclusiv, capabile să suporte eforturi de încovoiere de 375, 750 și 1 500 kgf [2].

După cum se vede există tendința să se adopte pe scară din ce în ce mai largă izolatoarele cu armături interioare. Acest lucru se explică prin avantajele pe care le oferă aceste tipuri. Fabricarea lor duce nu numai la economie de masă ceramică, dar mai ales la economisirea volumului cuptorului de coacere (și implicit la mărirea productivității lui), la economisirea considerabilă a materialului necesar armăturilor și cimentului pentru chituire [3].

În ceea ce privește modul de armare interioară se disting două tipuri: cele cu armare cu chit și cele cu armare mecanică (fără chit).

Izolatoarele cu armătură mecanică (fără chit) prezintă, față de cele cu armături interioare chituite, avantajul reducerii timpului de fabricare a izolatorului armat. Pentru chituire trebuie ca izolatoarele să fie ținute timp de 12—14 ore în camere cu temperaturi de minimum 45°C și umiditatea relativă 95—98% și apoi se usucă timp de 24 ore [3], total 36—38 ore, pe cînd timpul de armare al izolatoarelor fără chit este de ordinul minutelor. Dezavantajul acestora este costul mai ridicat al armăturilor constituite din piese prelucrate la strung și din arcuri. Compararea diferenței de cost a armăturilor, care este în favoarea izolatoarelor chituite, cu economia de timp ce se face la armarea izolatoarelor nechituite determină alegerea tipului de izolator ce urmează să se fabrice. În anumite cazuri însă (condiții climatice tropicale, de exemplu, în care utilizarea chiturilor obișnuite este interzisă [6]), utilizarea izolatoarelor cu armare mecanică este evident avantajoasă.

1.2. Izolatoarele suport de linii de 15 kV au evoluat mult în ultimul timp de la forma inițială (fig. 1), la care solicitarea principală este străpungerea electrică (izolatoare străpungibile) la tipuri de izolatoare (fig. 2 și 3) la care solicitarea principală este conturnarea (izolatoare nestrăpungibile).

* Comunicare prezentată la cea de-a II-a sesiune de comunicări tehnico-științifice a ICET din 6—7 Mai 1959.

** Ing. *Chiril Popescu* și ing. *Florin Tănăsescu* sînt cercetători la ICET.

În R.D.G. și R.F.G. se construiesc izolatoarele de linie de tipurile din fig. 1, 2 și 3 [7,8], avînd cotele de gabarit și performanțele din tabela 1.

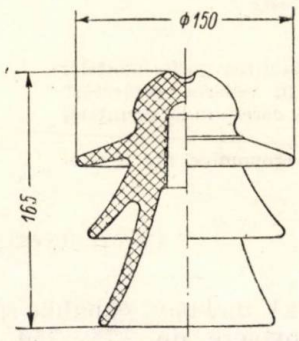


Fig. 1. Izolatorul HD 15 kV [7].

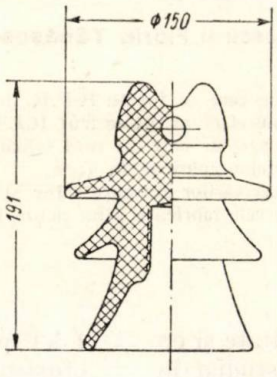


Fig. 2. Izolatorul VHD 15 MK [7].

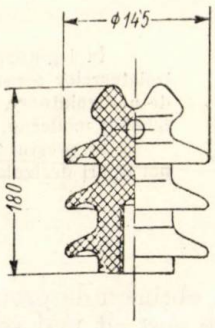


Fig. 3. Izolatorul St 15 MK [7].

Tabela 1

Cotele de gabarit și caracteristicile izolatoarelor suport de linie de 15 kV, fabricate în străinătate

Tipul izolatorului	Fig.	Cote de gabarit mm		Tensiunea de conturnare, kV		Tensiunea de ținere la impuls kVm	Țara
		H	*D*	Uscată	Sub ploaie de 100 μs cm^{-1}		
HD-15	1	165	150	85	65	132	R.D.G.-R.F.G.
VHD-15 MK	2	191	150	85	65	132	R.D.G.-R.F.G.
St-15 MK	3	184	145	85	65	132	R.D.G.-R.F.G.
ȘS-10	4	110	147	78	34	—	U.R.S.S.
ȘD-20	5	199	164	111	57	—	U.R.S.S.
INU-15	6	150	150	—	58	160	R.P.B.
Δ_i	14	180	175	97	62	130	R.P.R. (ICET)
SLC-15	14	180	145	94	61	130	R.P.R. (ICET)

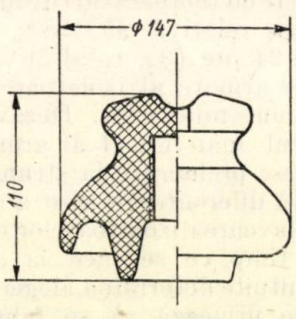


Fig. 4. Izolatorul ȘS 10 [9].

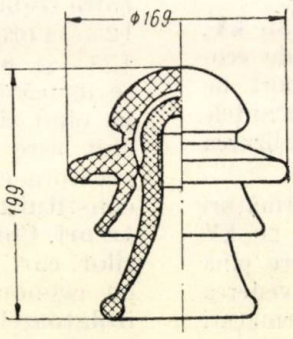


Fig. 5. Izolatorul ȘD 20 [9].

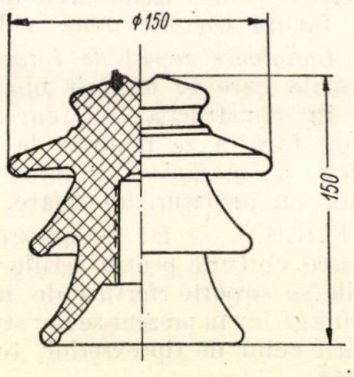


Fig. 6. Izolatorul INU-15 [10].

În U.R.S.S. nu sînt standardizate decît izolatoarele suport de linie pentru tensiunile de 10 și 20 kV din fig. 4 și 5 [9], iar în R.P. Bulgaria pentru tensiunea de 15 kV este standardizat tipul INU-15 din fig. 6 [10].

Tendința actuală este înlocuirea tipurilor vechi de izolatoare străpungibile cu tipurile noi de izolatoare nestrăpungibile (fig. 3), atît în ceea ce privește izolatoarele pentru tensiuni medii cît, mai ales, în ceea ce privește izolatoarele pentru tensiuni înalte și foarte înalte [11]. Izolatorul de tip coloană (nestrăpungibil), de 15 kV capătă o utilizare din ce în ce mai mare în R.F.G. și R.D.G., oferind, pe lîngă o simplitate în execuție, și o mai mare ușurință în montaj, eliminîndu-se matisajul și înlocuindu-se cu cleme speciale [12].

2. Factorii luați în considerare la determinarea formei și dimensiunilor izolatoarelor

În proiectarea izolatoarelor pînă la 35 kV trebuie să se țină seamă de următorii factori: tensiunea nominală, solicitarea mecanică și termică, tehnologia și economicitatea.

2.1. Tensiunea nominală influențează forma și dimensiunile izolatorului prin cerințele pe care le impune acestuia în ceea ce privește tensiunile de conturnare, în cadrul nivelului pe care îl ocupă în sistemul de coordonare a izolațiilor.

Dacă izolatorul ar fi un dielectric izotrop și cîmpul care se stabilește în jurul său ar fi omogen, atunci tensiunea de conturnare a izolatorului ar fi foarte apropiată de tensiunea de străpungere a intervalului de aer dintre cele două armături [13]. Cum aceste condiții nu pot fi îndeplinite, deoarece dielectricul nu poate fi în totalitatea lui izotrop, iar cîmpul electric, departe de a fi omogen, este influențat de cavitățile practicate în izolator, de forma lui și de circulația sarcinilor electrice de polarizație, rezultă că este destul de dificil de a se face un calcul riguros al izolatorului din punctul de vedere al comportării lui la tensiunea de conturnare.

Considerînd că tensiunea de conturnare a izolatorului este aproximativ egală cu cea de străpungere a intervalului de aer cuprins între vîrf și placa pusă la pămînt, se poate folosi formula [14]:

$$U_c = 10 + 3{,}5\ a \qquad (1)$$

în care a este distanța dintre cele două armături ale izolatorului în cm, iar U_c este tensiunea de conturnare minimă admisă în kV. Această formulă se aplică pentru distanțe $a > 10$ cm și dă cazul cel mai defavorabil de solicitare. Dacă se ia pentru valoarea U_c o valoare peste tensiunea de conturnare impusă de norme, se obține înălțimea izolatorului.

Forma exterioară a izolatorului se determină în funcție de tipul ales pentru izolatorul suport (străpungibil sau nestrăpungibil) și de locul sub ploaie, tensiunea specifică nu trebuie să depășească 2,9 kV/cm [11].

Forma ondulelor necesare pentru a obține lungimea de conturnare este studiată atît pentru

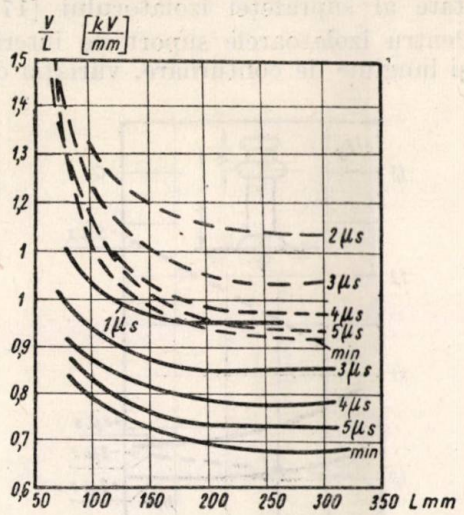


Fig. 7. Variația gradienților medii de conturnare în funcție de lungimea de conturnare pe izolatoare suport [16]:
—— undă pozitivă; – – – undă negativă.

izolatoarele de tip interior [11], [15], cît mai ales pentru cele de exterior la care ondulele au drept scop împiedicarea atît a unirii descărcărilor parțiale în una totală, cît și a formării șuvoaielor continue de apă [8], [11].

Pentru obținerea unor izolatoare cu o comportare bună la impuls de tensiune se ține seama, în stabilirea formei lor, de o serie întreagă de date experimentale redate în literatura de specialitate, și anume:

a) Tensiunea de conturnare la impuls crește cu distanța dintre electrozi, însă nu proporțional.

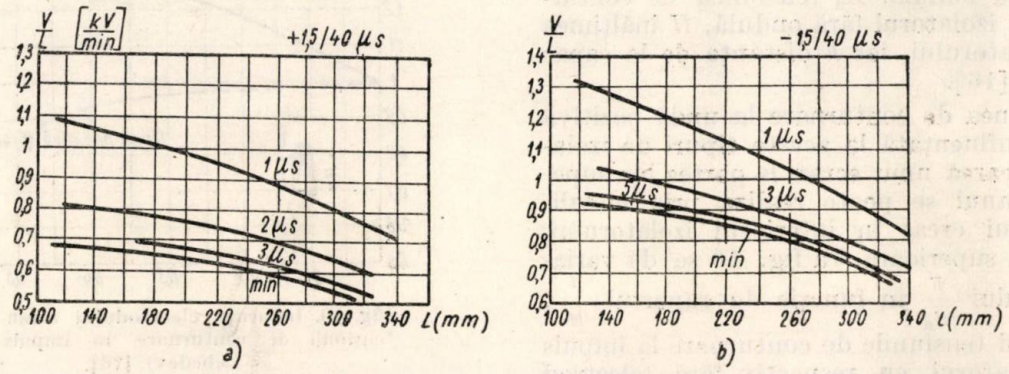


Fig. 8. Variația gradienților medii de descărcare, funcție de spațiul de descărcare pentru izolator tip Δ[16].

de utilizare (de interior, de exterior), în așa fel încît să se obțină o tensiune specifică de conturnare. Pentru a sigura o comportare bună la conturnarea la 50 Hz în stare uscată a izolatoarelor, trebuie ca această tensiune specifică să nu depășească 3,4 kV/cm, iar pentru a asigura o comportare bună la conturnarea la 50 Hz

Variația gradienților de potențial în funcție de lungimea liniei de conturnare se vede în fig. 7 pentru izolatoarele suport de interior cu diametrul capei de 60—80 mm și cu o ondulă situată față de capă la 0,1—0,15 din înălțime și în fig. 8 pentru izolatoarele de tip Δ de formă asemănătoare, adică cu același raport între

înălțimea și diametrul celei mai mari pălării ($H/d = 0{,}92$) [16].

b) Tensiunea de conturnare la impuls este puțin influențată de gradul de murdărire și umiditate al suprafeței izolatorului [17].

c) Pentru izolatoarele suport de interior, la aceeași lungime de conturnare, variația diame-

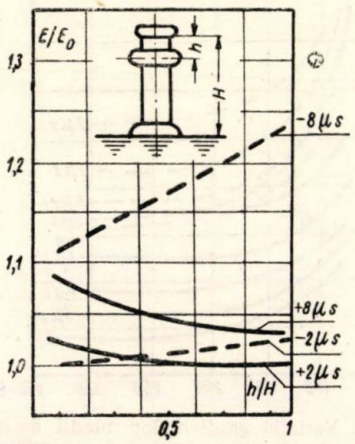


Fig. 9. Influența amplasării ondulei asupra tensiunii de conturnare la impuls [16].

trului izolatorului influențează în mică măsură tensiunea de conturnare la undă pozitivă și nu are aproape nici o influență asupra tensiunii de conturnare la undă negativă [16].

d) Tot în cazul izolatorului suport de interior s-a constatat experimental că poziția ondulelor influențează într-o oarecare măsură valoarea tensiunilor de conturnare la impuls. În fig. 9 se dă variația raportului $\frac{E}{E_0}$ în funcție de $\frac{h}{H}$, E fiind tensiunea de conturnare pentru izolatorul cu ondulă, E_0 tensiunea de conturnare pentru izolatorul fără ondulă, H înălțimea utilă a izolatorului, iar h distanța de la capac la ondulă [16].

e) Tensiunea de conturnare la undă pozitivă este mult influențată la aceste tipuri de izolatoare de crearea unui ecran la partea lor superioară. Ecranul se poate realiza prin metalizarea golului creat în interiorul izolatorului, la partea sa superioară. În fig. 10 se dă variația raportului $\frac{E}{E_0}$ în funcție de raportul $\frac{l}{H}$, E și E_0 fiind tensiunile de conturnare la impuls pentru izolatorul cu, respectiv fără, electrod ecran, l adîncimea electrodului și H înălțimea utilă a izolatorului [16]. Din figură se observă că, în timp ce tensiunea de conturnare la undă pozitivă crește apreciabil cu adîncimea electrodului ecran, tensiunea de conturnare la undă negativă scade în mică măsură.

2.2. Solicitarea mecanică. Izolatoarele suport pentru bare și separatoare au, ca solicitare mecanică principală, efortul de încovoiere datorit forțelor electrodinamice care se nasc între bare în momentul scurtcircuitelor.

Verificarea la încovoiere se face cu expresia cunoscută:

$$\sigma = \frac{M}{W_{cap}} \text{ kgf/cm}^2 \leqslant \sigma_a \qquad (2)$$

în care:

M este momentul încovoietor care lucrează în secțiunea periculoasă;
W_{cap} — modulul de rezistență al secțiunii periculoase;
σ — solicitarea la încovoiere;
σ_a — solicitarea admisibilă la încovoiere.

În literatură s-au găsit recomandate pentru σ_a diverse valori. Astfel, V. V. Afanasiev [15] recomandă pentru diametre cuprinse între 51 și 100 mm și grosimi de pereți de 15 —20 mm, $\sigma_a = 160$ kgf/cm², iar pentru diametre de 101 — — 150 mm și grosimi de 20 — 30 mm, $\sigma_a = 125$ kgf/cm². Din experiența R.P.U. [18], rezultă că recomandabil $\sigma_a = 100$ kgf/cm².

În calculele făcute de ICET s-a adoptat ca rezistență admisibilă $\sigma_a = 100 \ldots 125$ kgf/cm², cifră care a fost verificată experimental.

Sarcinile de rupere ale izolatoarelor sînt determinate însă în special de calitatea încastrării masei ceramice în armăturile metalice [11].

Calculul mecanic al încastrării armăturilor izolatoarelor cu armături interioare se face în mod diferit pentru armăturile superioare față de cele inferioare, însă în ambele cazuri se verifică dacă eforturile tangențiale τ în chit

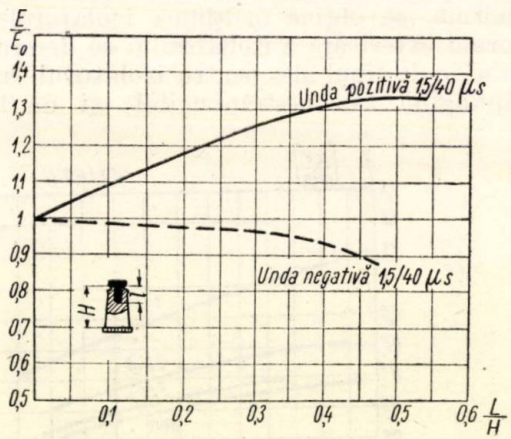


Fig. 10. Influența electrodului ecran asupra tensiunii de conturnare la impuls (după Lebedev) [16].

nu depășesc cifrele admisibile (maximum 80 kgf/cm² pentru ciment P 400).

Pentru armăturile superioare, calculul se face rezolvînd sistemul [19]:

$$\sigma = \frac{16\,P}{\pi\,dh} - \tau\left(1 + \frac{6\,d}{h}\right) \qquad (3)$$

$$\sigma_i = 0{,}41\,\sigma + 0{,}59\,\sqrt{\sigma^2 + (2\,\alpha_0\,\tau)^2} \qquad (4)$$

în care P este efortul de încovoiere în kgf, d și h sînt notate în fig. 11 și sînt în cm. Dacă armarea se face cu ciment Portland P 400, atunci se ia $\sigma_i = 400$ kgf/cm^2, $\alpha_0 = 4{,}23$, rămînînd ca necunoscute σ și τ. Rezolvarea comodă a acestui sistem se face grafic, intersectîndu-se curba $\sigma = f(\tau)$ din ecuația (4) pentru materialul cu care se face chituirea, cu diversele drepte reprezentate de ecuația (3) pentru diferite mărimi de izolatoare.

Pentru armăturile inferioare, calculul se face cu expresia [19]:

$$\tau = \frac{2\,PH}{\pi d_1 h_1 D}. \qquad (5)$$

În cazul izolatoarelor cu armare mecanică, atenția trebuie îndreptată către arcurile necesare fixării armăturilor (fig. 12). Dacă se notează cu P efortul de încovoiere la care este supus izolatorul și cu P_A reacțiunile care reprezintă eforturile la care este supus arcul și ținînd seama de notațiile din fig. 12 se poate scrie:

$$P_A = P\frac{l}{a+b}. \qquad (6)$$

Dacă se face ipoteza că această forță se repartizează numai pe spirele arcului cuprinse în semicercul opus punctului de reazem, spira cea mai solicitată va fi aceea aflată pe diametrul care trece prin punctul de reazem. Se notează cu F forța la care este solicitată această spiră și cu N numărul de spire cuprinse într-un sfert de cerc și considerate uniform distribuite

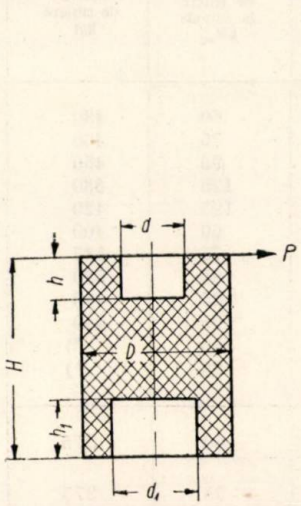


Fig. 11. Relativ la calculul armăturilor izolatoarelor cu armături interioare chituite.

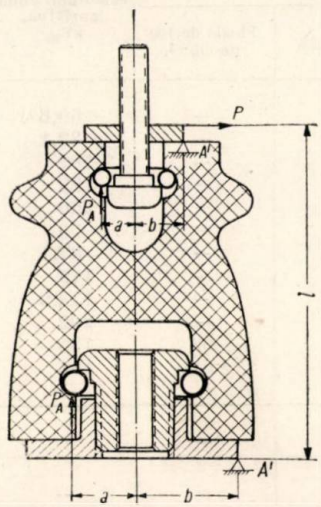


Fig. 12. Forțele care lucrează asupra arcurilor la izolatoarele suport de interior cu armături interioare nechituite.

pe sfertul de cerc, deci decalate între ele cu unghiul $\alpha = \frac{\pi}{4N}$. În acest caz spira cea mai solicitată se poate considera ca un inel supus la o forță de compresiune dată de expresia (vezi anexa I):

$$F = \frac{P}{2\sum_{1}^{N}\cos n\,\alpha}\cdot\frac{l}{a+b}. \qquad (7)$$

Un inel de rază medie R supus la o forță de compresiune F se dimensionează astfel încît să suporte [20]:

— momentul încovoietor $M = 0{,}318\,FR$ (8)

— forța tăietoare $T_{max} = \frac{F}{2}$ (9)

Solicitările la încovoiere și tăiere rezultate nu trebuie să depășească valorile indicate în STAS 893—54 pentru solicitările de rupere prescrise pentru sîrmele de arcuri.

2.3 Solicitarea termică este un factor de care trebuie să se țină seama în special în determinarea formei izolatoarelor de exterior și mai ales a acelor străpungibile. Și din acest punct de vedere izolatoarele trebuie privite ca un tot realizat din porțelan și metal. Fisurile care pot lua naștere din cauza diferenței dintre coeficienții de dilatare — al fontei din care se fac armăturile ($1000 \cdot 10^{-8}$), al cimentului, pentru chituire ($975 \cdot 10^{-8}$) și al porțelanului ($280 \cdot 10^{-8}$) duc la străpungerea electrică a izolantului și la slăbirea calităților lui mecanice [21].

Diferitele măsuri care se iau pentru preîntîmpinarea apariției fisurilor (raze de curbură ale racordărilor, trecerile line de la o grosime de perete la alta, grosimile optime ale ondulelor etc.) s-au determinat experimental și variază după tipul de izolator.

2.4. Considerații tehnologice. Forma izolatorului trebuie aleasă în conformitate cu posibilitățile tehnologice ale fabricii producătoare. Utilarea fabricilor cu utilaj din ce în ce mai modern asigură trecerea către formele moderne și mai economice de izolatoare. Așa, de exemplu, izolatoarele cu armături interioare, avînd lungimea golului inferior mai mică decît cele cu armături exterioare, executarea lor pe strunguri orizontale se face cu pierderi mari de material, deoarece, pentru a putea fi fixat în strung, hublul se prevede mai lung decît este necesar din punct de vedere constructiv. Acest lucru se face și mai resimțit la izolatoarele suport de interior de 35 kV și la izolatoarele de linie de 15 kV de tip coloană (St. MK fig. 3). Trecerea la aceste tipuri de izolatoare se poate face în mod avantajos numai dacă fabrica producătoare are strunguri verticale de copiere.

3. Tipurile noi de izolatoare realizate

La proiectarea noilor izolatoare suport fabricate în R.P.R. s-a ținut seamă de toți factorii de mai sus, cu excepția gradului de utilare a fabricii producătoare în măsura în care acesta

poate fi modificat. În consecință, soluțiile adoptate au ținut seamă de posibilitatea utilării fabricii producătoare cu utilaj modern (strung vertical de copiere), urmărindu-se în schimb calitatea și economicitatea produselor. Cu concursul tov. ing. Justinian Schmidt, constructorul-șef al fabricii Electroceramica-Turda, s-au realizat în fabrică următoarele tipuri de izolatoare: izolatoare suport de interior cu armături interioare chituite (SAIC) și nechituite (SAI) pentru tensiuni de 6, 10, 15, 20, 35 kV și izolatoare suport de linie de 15 kV de tipul Δ (Δ_i 15) și de tipul coloană (SLC—15).

3.1. Seria izolatoarelor suport cu armături interioare. Izolatoarele suport cu armături interioare s-au realizat în fază de prototip pe strung orizontal, adică în condiții tehnologice dificile. Experimentările s-au făcut pe 6 —10 bucăți izolatoare de același fel.

Încercarea izolatoarelor (pînă la 35 kV) la conturnare la 50 Hz în stare uscată s-a făcut în laboratorul de înaltă tensiune ICET, cu instalația 30 kVA, 100 kV existentă, măsurătorile făcîndu-se direct pe înaltă tensiune, cu eclatorul cu sfere ∅ 250 mm. Izolatoarele au fost montate cu armături, pe o placă metalică și avînd la partea superioară o bară de cupru de 5 × 20, lungă de 300 mm.

Pentru izolatoarele de 35 kV, încercările s-au făcut la stația de înaltă tensiune a fabricii Electroceramica cu instalația de 50 kVA, 250 kV, măsurătorile de tensiune făcîndu-se cu voltmetrul racordat la un divizor de tensiune capacitiv, sistem de măsură etalonat cu un eclator cu sfere.

Încercarea izolatoarelor la impuls de tensiune s-a făcut în laboratorul ICET, cu generatorul de impuls de tensiune 400 kV; 2,75 kWs, cu unda normalizată 1/50 μs [22], măsurătorile de tensiune făcîndu-se cu eclatorul cu sfere ∅250 mm și ∅ 500 mm. Izolatoarele au fost încercate atît la tensiunea de ținere, după normele CEI, cît și la tensiunea 50% conturnări.

Încercările mecanice s-au făcut la ICET cu ajutorul unei mașini de tracțiune compresiune de 5 t, căreia i s-a adaptat un dispozitiv pentru transformarea efortului de tracțiune într-un efort de încovoiere.

În urma încercărilor s-a constatat că izolatoarele satisfac toate condițiile impuse de standardul de stat [23], în ceea ce privește încercările la 50 Hz și mecanice și normele CEI în ceea ce privește încercările la impuls [24].

Rezultatele obținute sînt trecute în tabela 2, în care, pentru comparare, sînt trecute și valorile limită impuse de standardul de stat și de normele CEI.

Tabela 2

Caracteristicile izolatoarelor suport realizate ca prototip

Tipul izolatorului		Cote de gabarit		Tensiunea de conturnare la 50 Hz kVef		Tensiunea 50 % conturnări undă pozitivă, kV_m	Tensiunea de ținere la impuls kV_m	Efortul de rupere kgf
		H mm	*D* mm	Stare uscată	Ploaie de 100 μs cm^{-1},			
SAIC 6		100	83	50,9	—	69,6	60	430
SAIC 10		125	83	63,5	—	82,1	75	460
SAIC 15		160	95	78	—	102	95	450
SAIC 20		200	98	77,6	—	129	125	380
SAIC 35		340	140	124	—	200	195	420
SAI 6		100	82	48	—	70	60	400
SAI 10		125	88	52,6	—	87,1	75	537
SAI 15		160	95	80	—	115	95	530
SAI 20		200	98	79,3	—	133,9	125	473
SAI 35		340	140	120	—	202	195	440
Δ_i 15		180	175	97	62	135	95	*)
SLC-15		180	145	94	61	136	95	*)
Valori impuse de norme [22, 23]	6	—	—	36,5	—	—	60	375
	10	—	—	46,2	—	—	75	375
	15 int.	—	—	58,3	—	—	95	375
	15 ext.	—	—	78,3	58,3	—	95	1 500
	20	—	—	70,5	—	—	125	375
	35	—	—	106,7	—	—	195	375

* Nu s-a putut determina, întrucît la un efort de 2 000 kgf s-au îndoit tijele metalice.

După cum rezultă din studierea rezultatelor obținute, noile tipuri de izolatoare suport respectă toate condițiile impuse de normele indigene și internaționale. Avantajele lor economice reies din compararea lor cu izolatoarele cu armături exterioare (tipurile SA). Această comparare se poate face cu ajutorul tabelei 3 și anume numai pentru seriile de 6, 10 și 20 kV, deoarece izolatoarele suport de 15 kV nu sînt standardizate, iar izolatoarele suport de formă și dimensiuni sînt recomandate de CEI [25], în urma rezultatelor experimentale bune obținute cu o instalație care utiliza acest gen de duze [26].

În timpul încercărilor de conturnare la 50 Hz și impuls, izolatoarele de linie au fost montate pe o tijă dreaptă fixată într-o traversă de fier U 10 situată la 1 m de sol și lungă de 2 m. Pe capul izolatorului s-a fixat drept conductor o bară de cupru cu diametrul de 10 mm și

Tabela 3

Tabelă comparativă cu dimensiunile și greutățile diverselor tipuri de izolatoare suport de interior

Tipul izolatorului	Cote de gabarit		Scăderea procentuală a lui *H*	Greutatea de porțelan	Scăderea procentuală a greutății de porțelan	Greutatea armăturilor	Scăderea procentuală a greutății armăturilor	Greutatea totală	Scăderea procentuală a greutății totale
	D	*H*							
	mm	mm	%	kg	%	kg	%	kg	%
SAIC 6	83	100	31,5	0,8	11	0,61	42,5	1,41	28
SAIC 10	83	125	27,2	0,9	28	0,61	48	1,51	36
SAIC 20	98	200	15	1,8	23,7	0,81	48	2,61	33
SAI 6	82	100	31,5	0,8	11	0,41	61	1,2	38,8
SAI 10	88	125	27,2	0,925	26	0,605	46	1,53	35,5
SAI 20	98	200	15	1,7	27,7	0,79	49,5	2,49	36
SA 6	83	146	—	0,9	—	1,06	—	1,96	—
SA 10	88	171	—	1,25	—	1,12	—	2,37	—
SA 20	98	235	—	2,35	—	1,56	—	3,91	—

35 kV cu armături exterioare indigene nu corespund în ceea ce privește încercarea la impuls. Din această tabelă rezultă că înălțimea izolatoarelor scade cu 15—30%, greutatea de porțelan scade cu 10—25%, greutatea armăturii scade cu 40—60%, iar greutatea izolatoarelor armate cu 25—30%. De aici rezultă că avantajele importante ale izolatoarelor cu armături interioare sînt mărirea productivității cuptorului (prin scăderea înălțimii izolatorului cu 15—30% se poate introduce o cantitate mai mare de izolatoare la ardere), reducerea cu 40—60% a cantității de metal utilizat ca armături și micșorarea gabaritelor și greutăților aparatajului electrotehnic care utilizează izolatoare suport. Diferența de înălțime dintre tipurile de izolatoare suport de interior cu armături interioare și cu armături exterioare se vede din fig. 13.

3.2. Izolatoare suport de linie de 15 kV. S-au realizat în două variante, una (Δ_i 15), care ține seama de condițiile tehnolog ce ale fabricii producătoare și alta (SLC-15) care s-a putut executa în fază de prototip însă în condiții tehnologice grele, și care ține seamă de posibilitatea unei utilări mai moderne a fabricii. Experimentările s-au făcut pe cîte șase bucăți.

Încercările la 50 Hz în stare uscată și la impuls s-au efectuat la ICET în condițiile amintite mai sus pentru izolatoarele suport de interior.

Încercările la 50 Hz sub ploaie au fost făcute tot la ICET, utilizîndu-se ca sursă de ploaie artificială un panou de duze capilare a căror lungimea de 1,5 mm prin matisare cu sîrmă de cupru de ∅ 1 mm, pe o lungime egală cu de două ori diametrul fustei superioare și repartizată egal pe fiecare parte a izolatorului. Conductorul s-a montat astfel ca axul lui să facă un unghi de 90° cu axul traversei. Acest mod de montare s-a adoptat pentru a fi în conformitate

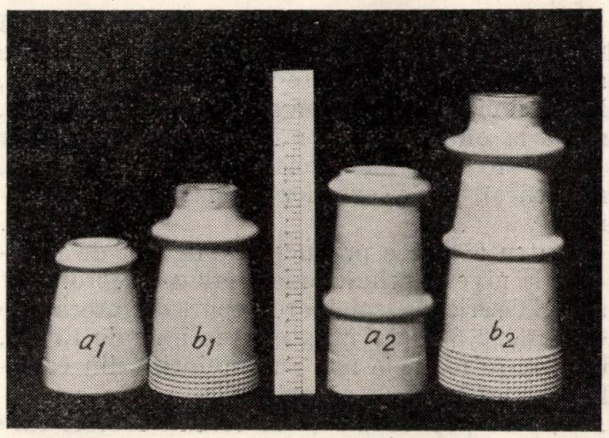


Fig. 13. Izolatoarele suport de interior:
a_1, a_2 — cu armături interioare de 10 și 20 kV; b_1, b_2 — cu armături exterioare de 10 și 20 kV.

și cu normele interne [23] și cu cele internaționale [27].

Cele două tipuri de izolatoare suport de linie de 15 kV se văd în fig. 14, iar caracteristicile lor se dau în tabela 1.

Rezultatele obținute pe aceste tipuri de izolatoare arată că ele corespund normelor interne și străine și sînt comparabile ca performanță și dimensiuni cu tipurile similare din străinătate (a se vedea tabela 1).

Izolatorul SLC-15 este mai recomandabil de adoptat, fiind mai ușor de executat, pretîn-

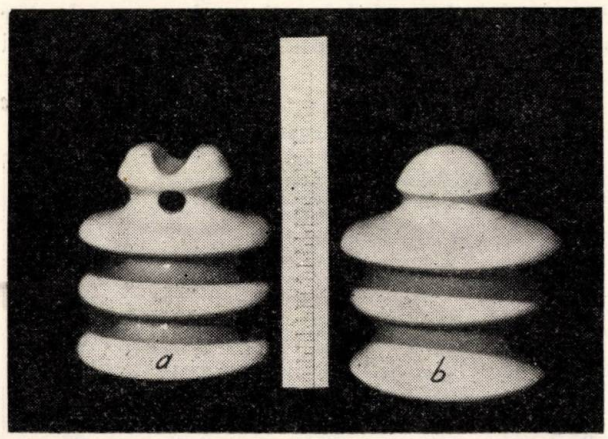


Fig. 14. Izolatoare suport de linie de 15 KV : *a* – tip SLC. ; *b* – tip Δ_i

du-se la normalizarea ondulelor (ceea ce înseamnă scule mai puține pentru izolatoare de diferite tensiuni), fiind mai mic și prezentînd posibilitatea unei mai ușoare montări a conductorului pe el. Pentru producerea în serie a acestui tip de izolator, trebuie însă ca fabrica producătoare să fie utilată cu un strung vertical.

4. Concluzii

Tendința, care s-a făcut tot mai resimțită în ultimul timp în producția de izolatoare de înaltă tensiune, de a li se reduce, pe cît posibil, dimensiunile cu păstrarea acelorași performanțe, a dus la obținerea unor forme noi de izolator suport de interior (izolatoarele cu armături interioare) și de exterior (izolatoarele tip coloană).

Pentru a aduce producția indigenă de izolatoare la nivelul tehnicii mondiale s-a reproiectat la ICET seria de izolatoare suport de interior de 6,10,15,20,35 kV și izolatorul de linie de 15 kV, dîndu-li-se formele mai sus amintite din considerente economice și urmărind ca în proiectare să se țină seamă și de ceilalți factori care determină forma și dimensiunile izolatoarelor : tensiunea nominală, solicitarea mecanică și termică și tehnologia.

Tipurile noi de izolatoare realizate au corespuns atît din punctul de vedere al calităților lor, cît și din punctul de vedere al avantajelor economice pe care le oferă. Introducerea lor în fabricația de serie va aduce un însemnat aport atît în realizarea de economii cît și în asigurarea unor izolații corespunzătoare instalațiilor și aparatajului electric.

ANEXA I

Deducerea expresiei (7)

Presupunînd o distribuție liniară a efortului și notînd cu F_n forța la care este supusă spira n, situată la unghiul $n\alpha$ față de spira maxim solicitată, din triunghiul de forță din fig. 15 rezultă :

$$\frac{F_n}{F} = \frac{r \cos n\alpha}{r}$$

și deci

$$F_n = F \cos n\alpha \qquad \text{(A I 1)}$$

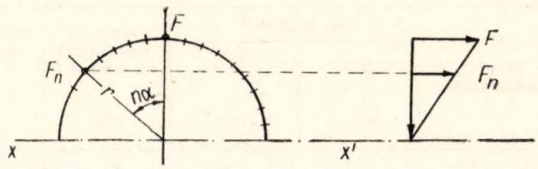


Fig. 15. Repartiția forțelor pe spirele arcului.

Suma tuturor forțelor pe spire va fi egală cu efortul total și deci :

$$P_A = 2 \sum_1^N F_n \qquad \text{(A I 2)}$$

Ținînd seamă de expresia (A I 1) și (6) rezultă :

$$F = \frac{P_A}{2 \sum_1^N \cos n\alpha} = \frac{P}{2 \sum_1^N \cos n\alpha} \frac{l}{a+b}$$

Bibliografie

[1] *Popescu Ch.* și *Tănăsescu Fl.* : Imaginea cîmpului electric în jurul izolatoarelor suport de interior indigene de 6, 10, 20, 35 kV și comportarea lor la unde de impuls de tensiune. Electrotehnica **5** (1957) 5, 139–147.

[2] *Sejkora I.* : Stützer, Durchführungen und Trenner für Hochspannungs-Schaltanlagen. AEG Mitt. **47** (1957) 7/8, 300–305.

[3] *Zaleski M. A., Kogan V. V.* : Seria malogabaritnîh oporniîh izoliatorov dlia vnutrennei ustanovki. Vestnik elektropromîșlennosti **27** (1956) 12, 31–33.

[4] *Sommerlatte F.* : Konstruktion von Schaltanlagen. VEB Verlag Technik Berlin, 1956, 54.

[5] *Weickert F.* : Hochspannungsanlagen. Fachbuchverlag, Leipzig, 1955, 201–208.

[6] * * * La tenue du matériel éléctrique dans les climats tropicaux. Electricité **41** (1957) 236, 81–83.

[7] * * * Catalog de izolatori RIG (Ronsenthal-Isolatoren – GMBH). Listele 132.0 ; 131.3 ; 130.6 (1957).

[8] * * * Hochspannungsisolatoren. Catalog VEB, Keramische Hermsdorf (1955).

[9] GOST 1232-52 : Izolatorî farforovîe lineinîe vîsokovoltnîe.

[10] * * * Porcelaine electrotechnique. Prospect Metalimport, Bulgaria.

[11] *Obenaus F.* : Grundformen der Hochspannungs-Isolierelemente und die 400 kV Hänge und Stützisolatoren. Dtsch. Elektrotechnik **7** (1953) 6, 280–291.

[12] *Herrmann A.* : Kritische Betrachtung über den Bau von Mittelspannungsleitungen bis 20 kV. Elektrizitätswirtschaft **55** (1956) 5, 126–131.

[13] *Winkelnkemper H.* și *Hermstein W.* : Einfluss des Formgebung stützerartiger Innenraum-Isolieranordnungen auf ihr überschlagsverhalten. ETZ (A) **78** (1957) 16, 561–572.

[14] *Mihailov V. V.*: Calculul şi construcţia aparatajului de înaltă tensiune (traducere din limba rusă). Ed. Energetică de Stat, Bucureşti, 1952, 76–80.
[15] *Afanasiev V. V.*: Construcţia întrerupătoarelor de înaltă tensiune. Ed. Energetică de Stat, 1953, p. 97–131.
[16] *Kojukhov V. K.*: L'influence de la construction des isolateurs sur leurs caractéristiques d'impulsion. CIGRÉ, 1937, Rap. 223.
[17] *Cron H.*: Das Isolatoren-Prüffeld im Schlatwerk Berlin der Siemens-Schuckertwerke, Siemens Z. **31** (1957) 7, 343–350.
[18] *Reguly Z.*: Încercarea mecanică a izolatorului suport din porţelan pentru interior (traducere din limba maghiară a articolului publicat în Elektrotechnika Budapesta, 1952, 5, p. 143). Caiet selectiv Electrificare şi Electrotehnică I.D.T., Bucureşti, 1952, 11, 82–94.
[19] *Zaleski M. M.*: Construcţia aparatelor electrice de înaltă tensiune (articolul: „Determinarea dimensiunilor armăturii izolatoarelor suport şi a izolatoarelor de trecere"). Traducere din limba rusă. Ed. Tehnică, Bucureşti, 1957, 323–335.
[20] *Buzdugan Gh.*: Rezistenţa materialelor (vol. II). Ed. Tehnică, Bucureşti, 1957, 122–126, 183–185.
[21] *Neubauer F.*: Experimentelle Untersuchungen über den Einfluss verschiedener Befestigungsarten der Armaturen von Isolatoren auf die mechanische Festigkeit des Porzellans. Bull. ASE **49** (1958) 11, 483–489.
[22] *Hortopan Gh.*: Observaţii privind calculul şi comanda unui generator de impuls. Electrotehnica **5** (1957) 1, 13–18.
[23] STAS 2685-56: Izolatori de porţelan de la 1 kV, condiţii generale.
[24] *Hortopan Gh.*: Încercarea la impuls a echipamentului electric. I.D.T., Bucureşti, 1958.
[25] C.E.I. 42 (secretariat) 3: Projet de règles pour la techniques des essais à haute tension (1958).
[26] * * * La nouvelle instalation à gicleurs capilaires de l'Association Suisse des Electriciens pour les essais de rigidité diéléctrique sous pluie artificielle et son utilisation. (Communication de la station d'essai des matériaux de l'ASE) Bull. ASE **45** (1954) 14, 561–570.
[27] C.E.I. (Comité d'Études Nr. 36): Règles de la C.E.I. pour les isoloteurs en porcelaine pour lignes aériennes de tension nominale égale ou supériéure à 1 000 Volts (1954).

Intrat în redacţie la 6 februarie 1960.

Generator de impulsuri repetate, cu oscilograf catodic, pentru studiul comportării transformatoarelor la unda de impuls

Vladimir Cleja * — Bucureşti

În anii regimului de democraţie populară producţia de transformatoare a luat în R.P.R. un avînt considerabil. Studiul comportării transformatoarelor la unda de impuls este o necesitate în vederea proiectării şi construirii de transformatoare cu performanţe la nivelul tehnicii mondiale. Se prezintă un generator de impulsuri repetate construit de autor la ICET, care este mai ieftin şi mai compact decît alte aparate analoge şi cu ajutorul căruia se poate reduce la strictul necesar numărul de încercări, care sînt destul de costisitoare în staţiile de impuls.

CZ 621.317.755 : 621.317.332.82

Introducere

Comportarea transformatoarelor la unda de impuls se deosebeşte foarte mult de comportarea lor la frecvenţa industrială, datorită impedanţei deosebite pe care o prezintă transformatorul pentru armonicele de ordin superior conţinute în impuls. Astfel, înfăşurările transformatorului prezintă o impedanţă, practic infinită, pentru variaţii foarte rapide de tensiune (frontul impulsului), în timp ce capacităţile proprii ale înfăşurărilor, capacităţile dintre înfăşurări sau dintre înfăşurări şi pămînt reprezintă o impedanţă relativ redusă şi au rolul hotărîtor în repartiţia iniţială a potenţialelor în diferitele puncte ale transformatorului. În fig. 1 se arată o schemă echivalentă posibilă a unei înfăşurări, valabilă pentru frontul impulsului. Condensatoarele C reprezintă capacitatea galeţilor faţă de masă, iar C' — capacitatea dintre galeţi.

Din cele de mai sus reiese în mod evident că solicitările la care este supus un transformator în timpul undei de impuls se deosebesc esenţial de solicitările la care este supus în timpul regimului normal de funcţionare.

Pe de altă parte, din compararea oscilogramelor tensiunii sau curentului în diferitele puncte ale transformatorului se pot trage concluzii extrem de folositoare pentru localizarea eventualelor defecte din transformator [1].

În afară de fenomenele determinate de capacităţile transformatorului, intervin în plus pierderile în fier determinate de curenţii turbionari care apar în timpul impulsului, care şi ele, la rîndul lor, influenţează asupra aspectului undei de impuls în diferitele puncte ale înfăşurării [2].

Ca urmare a celor arătate, studiul experimental al comportării transformatoarelor la unda de impuls se impune din ce în ce mai mult

* Ing. *Vladimir Cleja* este cercetător principal la Institutul de Cercetări Electrotehnice — Bucureşti.

ca o necesitate pentru proiectarea și construirea lor rațională din punct de vedere tehnico-economic. Încercarea transformatoarelor cu unda de impuls a intrat în practica încercărilor în multe țări.

Întrucît în anii regimului popular producția de transformatoare a luat un avînt considerabil, s-au construit stații de impuls care contribuie în mod substanțial ca transformatoarele fabricate în țara noastră să aibă performanțe la nivelul tehnicii mondiale [3], [4].

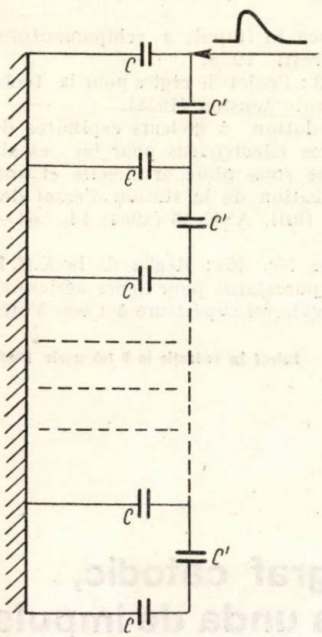


Fig. 1. Schemă echivalentă la impuls a transformatorului de putere :
C – capacitatea galetului față de masă ;
C' – capacitatea între doi galeți alăturați.

Deoarece stația de impuls generează impulsuri singulare, studierea lor amănunțită nu se poate face vizual pe ecranul tubului catodic, ci prin fotografiere, care se realizează cu ajutorul unui osciloscop special, capabil să redea fenomene corespunzătoare puterii mari și duratei mici de existență a impulsului și părților lui componente [1].

O extindere mai largă a cercetării comportării transformatoarelor la unda de impuls s-ar putea realiza, asigurîndu-se :

— generarea undei de impuls cu ajutorul unei instalații mai simplu de mînuit și mai puțin costisitoare decît stația de impuls ;

— vizualizarea impulsurilor pe ecranul unui osciloscop catodic obișnuit.

Prima condiție se poate realiza micșorîndu-se în mod simțitor puterea impulsului. Prin aceasta se exclude posibilitatea încercării rigidității dielectrice a transformatorului. În ceea ce privește însă celelalte fenomene, ele nu sînt afectate de micșorarea puterii impulsului, atît timp cît transformatorul se comportă ca un circuit cu parametri liniari.

Experiența arată că ipoteza liniarității transformatorului este valabilă în limite relativ largi [5], limite determinate de saturarea miezului și apariția unor fenomene ca : ionizarea, corona etc. Folosirea impulsului de putere mult redusă oferă deci posibilitatea studierii transformatorului ca circuit liniar, urmînd ca încercarea rigidității dielectrice să se efectueze în stațiile de impuls.

În ceea ce privește a doua condiție, ea se poate înfăptui prin periodizarea generării impulsurilor printr-o frecvență suficient de ridicată pentru a putea avea o imagine stabilă pe ecranul osciloscopului.

Generatorul de impulsuri repetate construit de către autor la Institutul de Cercetări Electrotehnice (ICET) realizează ambele aceste cerințe, creîndu-se astfel posibilitatea extinderii cercetărilor asupra comportării transformatoarelor la unda de impuls, prin reducerea la strictul necesar a numărului de încercări, de altfel destul de costisitoare, în stația de impuls.

În acest articol se descriu condițiile impuse, construcția, funcționarea, precum și performanțele realizate de către acest generator.

Cerințe impuse aparatului

Pentru a avea un instrument comod de cercetare, este indicat ca aparatul să constituie un tot unitar, avînd încorporate în același bloc generatorul de impulsuri repetate, osciloscopul catodic necesar observării impulsurilor, precum și dispozitivele de alimentare corespunzătoare.

Generatorul trebuie să livreze impulsul standard 1,5/50 μs, impulsul lung 15/500 μs, precum și un impuls de formă oarecare, avînd însă un front foarte scurt (0,2—0,5 μs), aceste impulsuri fiind necesare în diferite situații [1]. Trebuie să existe posibilitatea obținerii impulsului tăiat.

Pentru a putea folosi cît mai bine suprafața ecranului tubului catodic, amplitudinea impulsului trebuie să poată fi variată în limite cît mai largi.

Osciloscopul trebuie să ofere posibilitatea unei analize detaliate a impulsurilor, a măsurării comode a intervalelor de timp și amplitudinilor. O deosebită atenție trebuie acordată circuitului de intrare în osciloscop, atît în privința posibilității trecerii de la intrarea simetrică la intrarea asimetrică, cît și în privința impedanței de intrare cît mai mari, cerință de primă importanță impusă oricărui aparat de măsură.

Generatorul undei de impuls

S-a folosit una din schemele cunoscute pentru obținerea undei de impuls tăiate și anume cea reprezentată principial în fig. 2 [4].

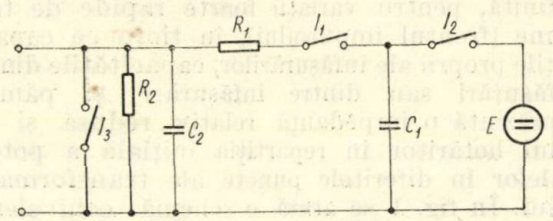


Fig. 2. Schema de obținere a undei de impuls.

Condensatorul C_1 se încarcă din sursa E în timp ce întreruptorul I_2 conectează, iar I_1 deconectează. În momentul t_1 I_2 se deschide,

iar I_1 se închide, ceea ce produce descărcarea lui C_1 pe rezistența R_1 și circuitul R_2C_2. În faza de început a acestui proces se poate considera că are loc încărcarea capacității C_2 prin rezistența R_1, pentru ca ulterior ambele capacități C_1 și C_2 să se descarce pe rezistența R_2. Astfel, în prima aproximație, frontul undei

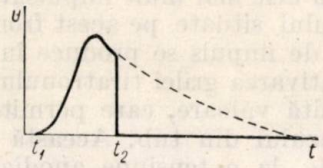


Fig. 3. Unda de impuls tăiată :
t_2 – momentul tăierii.

de șoc este determinat de elementele R_1C_2, iar durata semiamplitudinii de C_1R_2 (în ipoteza $C_1 \gg C_2$, $R_2 \gg R_1$). Închiderea întreruptorului I_3 în momentul t_2 produce scurtcircuitarea bornelor de ieșire și deci tăierea undei (fig. 3).

În schema de principiu a aparatului, rolul întreruptoarelor I_1 și I_3 este îndeplinit de tiratronul Ti_1, respectiv Ti_2, acționați cu frecvența rețelei de alimentare. Tiratronul Ti_2 este acționat cu o oarecare întîrziere față de Ti_1, corespunzătoare momentului tăierii undei de impuls. Această întîrziere poate atinge valori mai mari decît durata undei, astfel încît unda să apară netăiată.

Schema bloc a aparatului

Frecvența rețelei de alimentare este folosită atît pentru acționarea generatorului undei de impuls, cît și pentru sincronizarea osciloscopului (fig. 4).

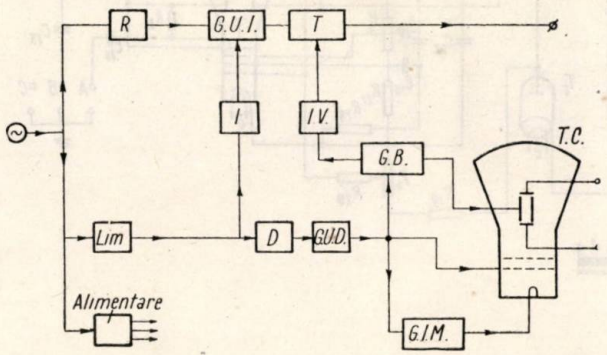


Fig. 4. Schema bloc a generatorului de impulsuri repetate :
R – redresor monoanodă ; *Lim* – etaj amplificator limitator ; *G.U.I.* – generator de undă de impuls ; *T* – dispozitiv de tăiere a undei de impuls ; *I* – circuit de întîrziere ; *I.V.* – circuit de întîrziere variabilă ; *D* – circuit de diferențiere ; *G.U.D.* – generator de undă dreptunghiulară ; *G.B.* – generatorul de impulsuri de baleiaj ; *G.I.M.* – generator de impulsuri de marcare a timpului ; *T.C.* – tub catodic.

Semiperioada negativă, prin redresorul monoanodă *R*, încarcă condensatorul generatorului undei de impuls (*G.U.I.*). Frontul anterior al impulsului rectangular obținut din semiperioada pozitivă prin limitarea ei de către etajul de limitare „*Lim*" și întîrziat în circuitul de întîrziere *I*, declanșează tiratronul Ti_1 din *G.U.I.*, generîndu-se astfel unda de impuls cu frecvența de repetiție egală cu frecvența rețelei. Același front, după trecerea prin circuitul de diferențiere *D*, acționează un generator de undă dreptunghiulară (*G.U.D.*), format dintr-un multivibrator monostabil. Unda dreptunghiulară îndeplinește următoarele operații sincrone :

— comandă generatorul de baleiaj (*G.B.*) ;

— deblochează tubul catodic pentru intervalul de timp în care are loc baleiajul ;

— comandă generatorul de impulsuri de marcare a timpului (*G.I.M.*).

Totodată impulsul în dinte de ferestrău, generat de către *G.B.*, servește la obținerea

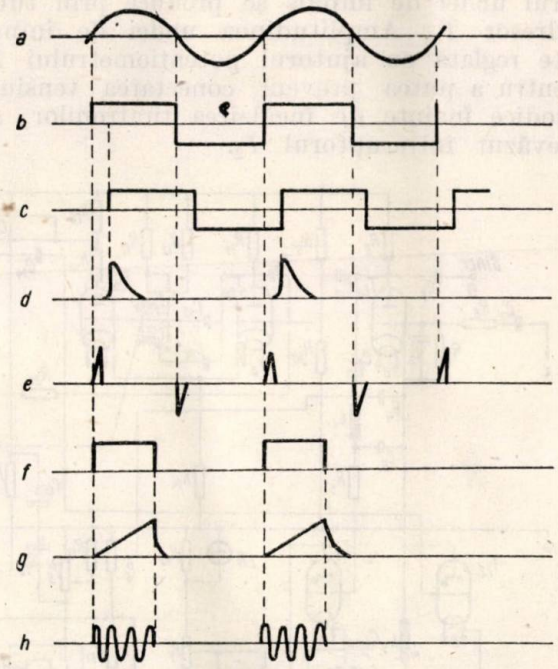


Fig. 5. Diagrama tensiunilor în diferite puncte ale schemei bloc :
a – tensiunea de rețea ; *b* – după etajul amplificator limitator ; *c* – la ieșirea din circuitul de întîrziere *I* ; *d* – unda de impuls ; *e* – după circuitul de diferențiere ; *f* – unda dreptunghiulară ; *g* – unda de tensiune de baleiaj ; *h* – impulsurile de marcare a timpului.

unei întîrzieri variabile (*I.V.*) în comanda tiratronului Ti_2, a cărui deblocare determină tăierea undei de impuls.

În fig. 5 se arată diagrama relațiilor de fază între impulsurile din diferite puncte ale schemei bloc.

Întîrzierea realizată de circuitul *I* este necesară pentru a se putea observa în bune condiții frontul undei de impuls care, în felul acesta, apare la un scurt interval după declanșarea baleiajului, impulsurilor de marcaj și a impulsului de deblocare a tubului catodic.

Blocarea tubului catodic în intervalul dintre impulsuri este necesară pentru a evita formarea pe ecran a liniei de revenire a spotului la poziția inițială, cum și a unui punct mult

mai strălucitor decît restul imaginii, provocat de staționarea spotului luminos în acest interval de timp.

Impulsurile de marcare a timpului permit măsurarea comodă a diferitelor intervale de timp. Aceste impulsuri modulează fasciculul de electroni, astfel încît imaginea apare pe ecran întreruptă la intervale egale de timp. Deoarece timpul apare astfel marcat direct pe imagine, nu mai este necesar un grad înaintat de liniaritate a baleiajului, ceea ce permite folosirea unei scheme relativ simple pentru obținerea impulsului în dinte de ferăstrău.

Schema de principiu

Încărcarea condensatorului C_1 din generatorul undei de impuls se produce prin tubul redresor T_4. Amplitudinea undei de impuls este reglată cu ajutorul potențiometrului P_7. Pentru a putea preveni conectarea tensiunii anodice înainte de încălzirea tiratronilor, s-a prevăzut întreruptorul I_2.

oscilografului, este necesar ca frontul, extrem de scurt de altfel, să fie foarte stabil. Cu alte cuvinte, este necesară o riguroasă sincronizare a declanșării undei cu începutul bazei de timp. Variații ale momentului declanșării undei de impuls de ordinul 0,5 μs pot face cu totul inobservabil un front a cărui durată este de 1,5 μs , și cu atît mai mult impulsurile de marcaj al timpului situate pe acest front. Declanșarea undei de impuls se produce în momentul în care negativarea grilei tiratronului Ti_1 scade sub o anumită valoare, care permite ionizarea bruscă a gazului din tub. Această valoare limită depinde, la o tensiune anodică dată, de temperatura de lucru a tiratronului și suferă oarecare variații destul de mici, dar suficiente ca în anumite condiții să dăuneze clarității imaginii. În fig. 7 este reprezentată variația tensiunii pe grila tiratronului în urma aplicării impulsului de comandă. U_{g0} reprezintă negativarea inițială, iar U_{gt} — tensiunea de deblocare. Din figură se vede că momentul declanșării t_0 are mici variații în funcție de variațiile

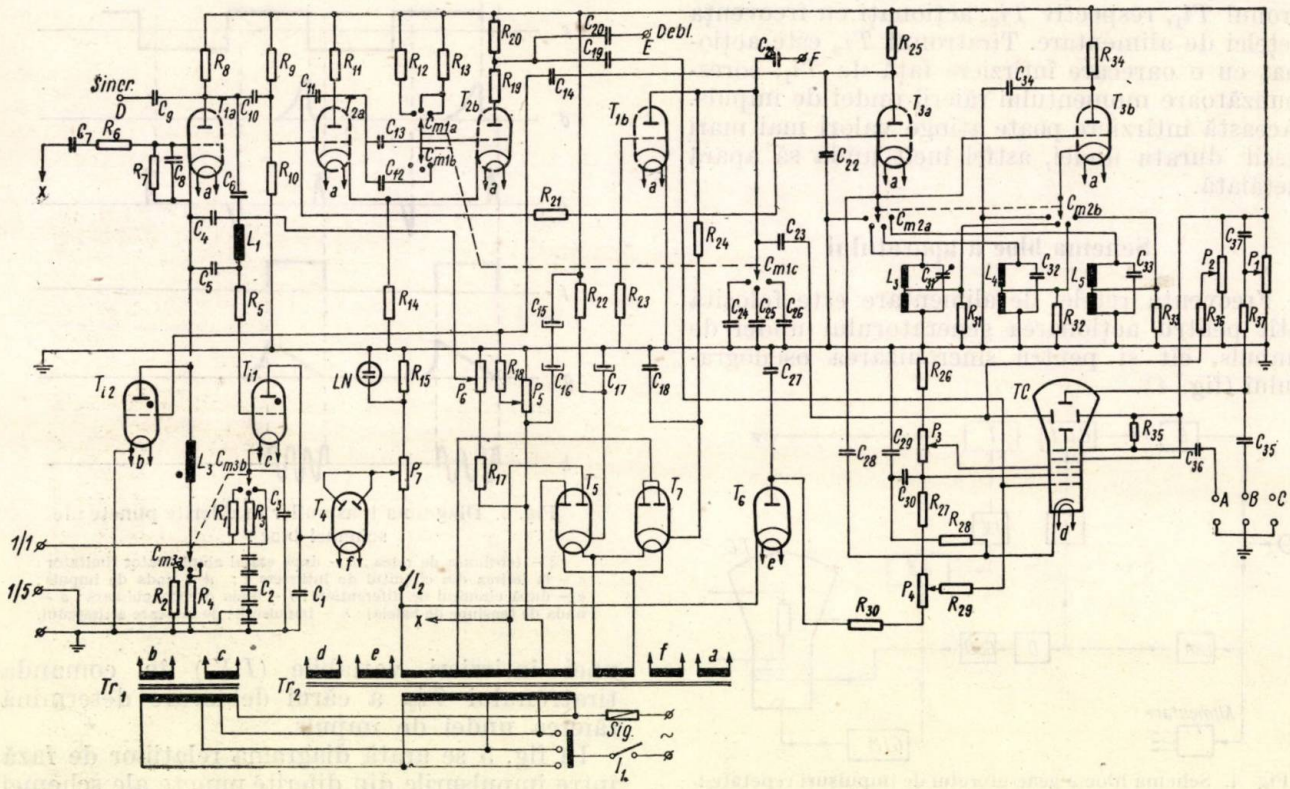


Fig. 6. Schema de principiu a generatorului de impulsuri repetate cu osciloscraf catodic.

În schema din fig. 6 se pot recunoaște ușor elementele schemei bloc. Tubul T_{1a} funcționează ca amplificator-limitator, tubul T_2 ca multivibrator monostabil generator de undă dreptunghiulară, T_{1b} — generator de impuls în dinte de ferăstrău, T_3 — generator de impulsuri de marcaj.

Pentru ca unda de impuls generată să poată fi observată în condiții optime pe ecranul

punctului U_{gt}. Pentru a reduce la minimum variațiile lui t_0 este necesar ca impulsul de comandă să se intersecteze cu linia U_{gt} în porțiunea sa cea mai abruptă. Aceasta se realizează alegînd cu ajutorul potențiometrului P_6 negativarea optimă inițială U_{g0}. În aparatul realizat s-a obținut în felul acesta ca punctul pentru marcarea unui interval de 0,5 μs pe front să fie practic nemișcat.

Întîrzierea impulsului rectangular de declanşare se realizează prin circuitul $C_4-L_1-C_5$, ceea ce face ca acest impuls să sufere mari distorsiuni, fapt care nu are însă nici o importanţă practică.

Impulsurile de marcare a timpului sînt de forma unor trenuri de unde sinusoidale de frecvenţă $f_0 = \frac{1}{T_0}$, unde T_0 este intervalul între două puncte luminoase de marcaj. Aceste impulsuri sînt obţinute ca oscilaţii proprii ale unui circuit acordat L_3-C_{31} excitat prin blocarea instantanee a tubului T_{3a}. Tubul T_{3b} realizează o reacţie pozitivă pentru a micşora amortizarea oscilaţiilor. Aceste oscilaţii sînt aduse prin condensatorul C_{28} la catodul tubului catodic şi modulează în intensitate fasciculul de electroni.

Celelalte circuite acordate, împreună cu comutatorul C_{m2}, permit alegerea diferitelor inter-

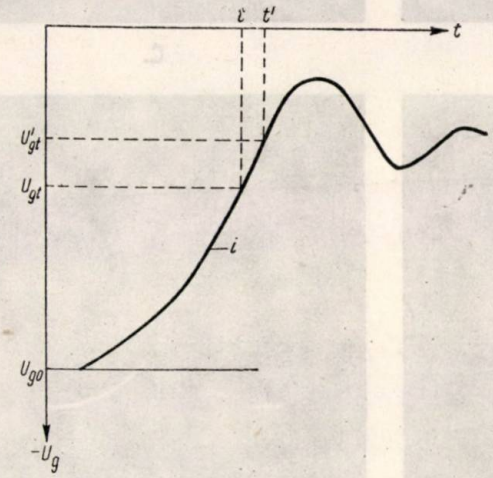


Fig. 7. Deblocarea tiratronului prin aplicarea unui impuls pozitiv pe grila de comandă negativă :

U_{gt} – tensiunea nominală de deblocare a tiratronului ; U'_{gt} – tensiunea de deblocare în urma variaţiei rgimului de lucru ; t, t' – momentele corespunzătoare de deblocare ; U_{g0} – tensiunea de negativare a tiratronului ; i – impulsul pozitiv de comandă.

vale de marcaj sau eliminarea totală a marcajului.

Datorită faptului că marcarea timpului se realizează prin modularea în intensitate a spotului luminos, nu se impune un grad înaintat de liniaritate a baleiajului, adică o scară liniară a axei de timp. De aceea s-a folosit schema cea mai simplă de generator în dinte de ferăstrău : încărcarea uneia din capacităţile C_{24}, C_{25}, C_{26} prin rezistenţa R_{25} şi descărcarea prin T_{1b}. Singura măsură luată pentru îmbunătăţirea liniarităţii este ridicarea tensiunii anodice a tubului T_{1b}.

Întîrzierea variabilă la declanşarea tiratronului Ti_2 pentru tăierea undei se realizează prin însumarea unei tensiuni în dinte de ferăstrău cu o tensiune de negativare, reglabilă de către operator. În momentul în care suma tensiunilor depăşeşte tensiunea de deblocare a tiratronului, se produce tăierea undei (fig. 8). Modificarea negativării iniţiale cu ajutorul

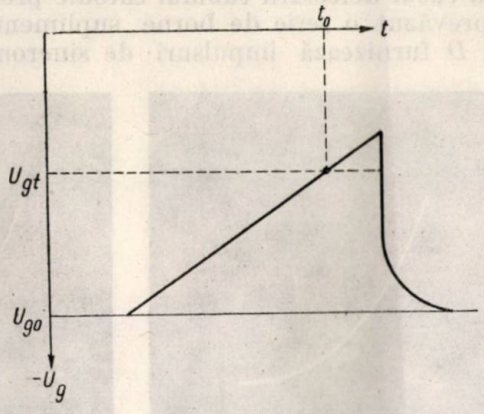


Fig. 8. Obţinerea întîrzierii variabile :

U_{gt} – tensiunea de deblocare a tiratronului ; U_{g0} – tensiunea iniţială de negativare, reglabilă ; t_0 – momentul deschiderii tiratronului.

potenţiometrului P_5 determină deplasarea punctului la care se produce tăierea. Impulsul în dinte de ferăstrău se obţine prin încărcarea capacităţii C_{22} din circuitul anodic al tubului T_{3a}.

Impedanţa de intrare relativ ridicată s-a realizat prin situarea bornelor de intrare în

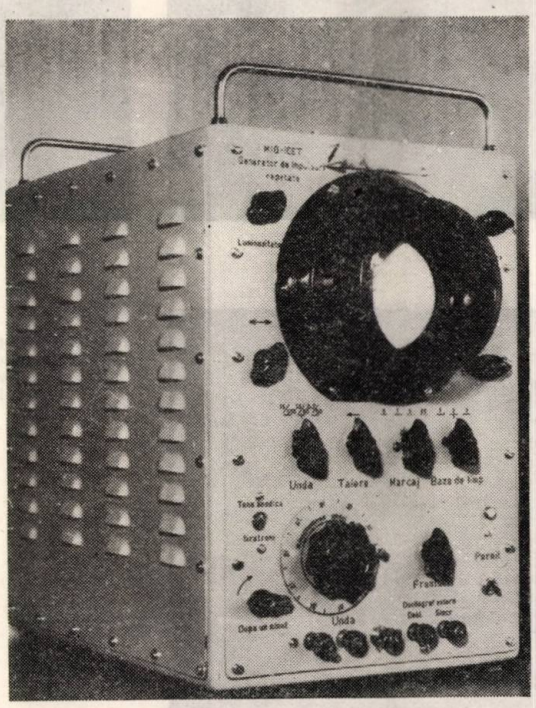


Fig. 9. Fotografia generatorului de impulsuri repetate.

oscilograf, cît mai aproape posibil de plăcile de deviaţie verticală.

Trecerea de la intrarea simetrică la cea asimetrică se realizează prin punerea la pămînt

a uneia din plăci, cu ajutorul unei punți de scurtcircuitare.

Pentru a putea analiza unda de impuls cu un alt osciloscraf cu performanțe mai ridicate (sau în cazul defectării tubului catodic propriu) s-au prevăzut o serie de borne suplimentare: borna *D* furnizează impulsuri de sincronizare bipolare care preced frontul undei de impuls, borna *E* furnizează impulsuri rectangulare pozitive pentru deblocarea tubului catodic, iar borna *F* — impulsuri de baleiaj în dinte de ferăstrău.

Performanțe

Aparatul are dimensiunile 315 × 450 × 480 mm (fig. 9).

Imaginea se poate observa pe un ecran cu diametrul de 100 mm, prevăzut cu un dispozitiv de adaptare a unui aparat fotografic.

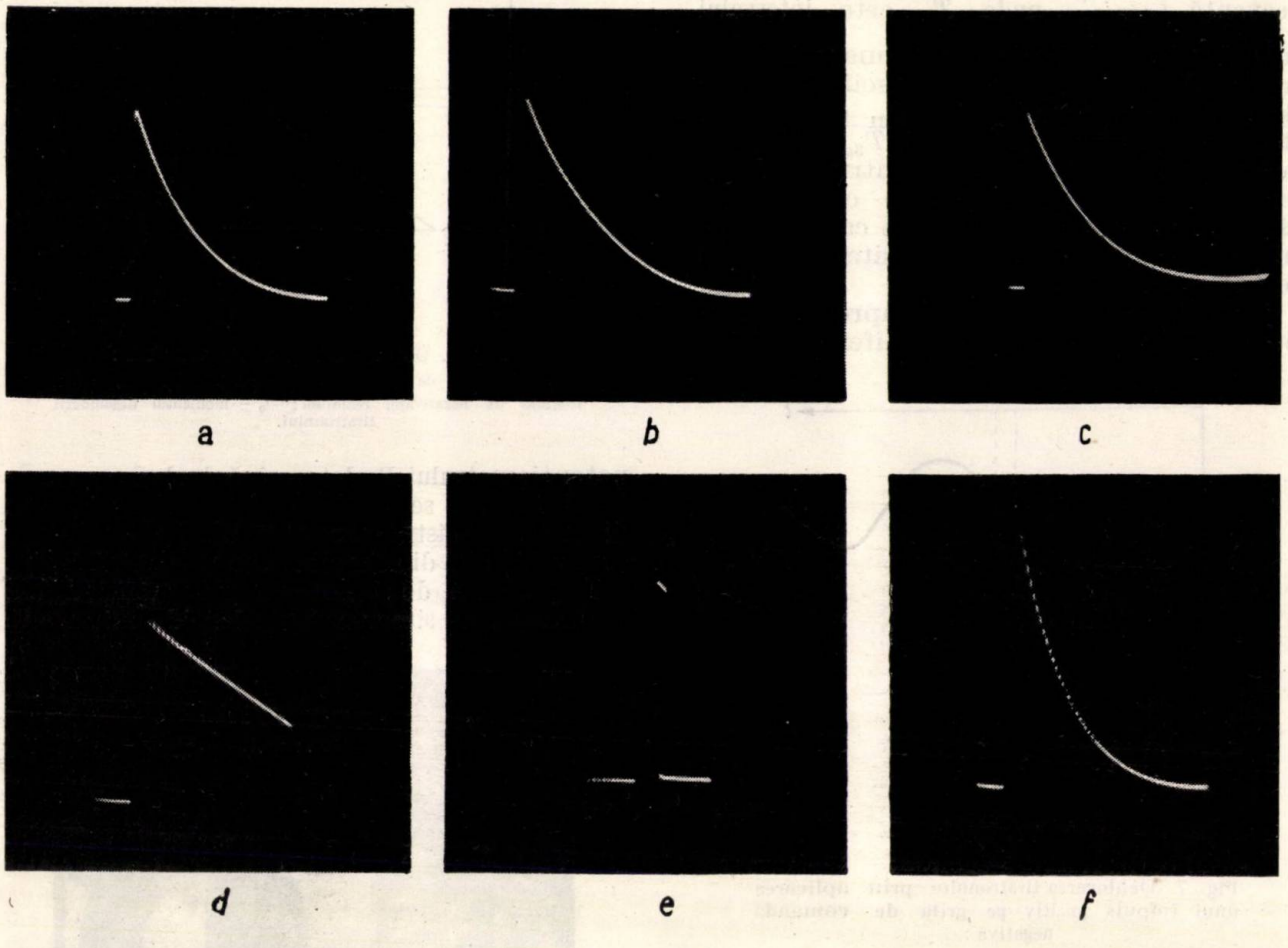


Fig. 10. Oscilograme:

a — unda 15/500 μs, durata baleiajului 3 000 μs; *b* — unda 1,5/50 μs, durata baleiajului 600 μs; *c* — unda 0,3/50 μs, durata baleiajului 600 μs; *d* — unda 0,3/50 μs, durata baleiajului 70 μs, intervalul de marcaj 1 μs; *e* — unda 1,5/50 μs, tăiată la 3 μs de front, interval de marcaj 1 μs; *f* — unda 1,50/5 μs, interval de marcaj 5 μs; *g* — unda 15/500 μs, tăiată la 80 μs de front, interval de marcaj 20 μs.

Cu ajutorul unui comutator se poate alege una din următoarele unde de impuls: 15/500 μs, 1,5/50 μs, 0,3/50 μs (fig. 10).

Pentru măsurarea comodă a diferitelor intervale de timp se poate alege una din următoarele scări de marcaj a timpului: 0 μs, 1 μs, 5 μs, 20 μs.

Unda tăiată se poate obține cu ajutorul unui potențiometru care poate comanda tăierea în orice punct al impulsului.

Amplitudinea undei de impuls se poate regla continuu între 200 și 800 V cu ajutorul unui potențiometru gradat, care servește totodată și pentru măsurarea prin comparație pe ecranul tubului catodic a amplitudinii altor impulsuri.

Durata baleiajului poate fi reglată în următoarele trei trepte: 70 μs, 600 μs, 3 000 μs.

Intrarea în osilograf este situată pe panoul din spatele lui. Impedanța de intrare, pentru schema asimetrică, este constituită dintr-o rezistență $R = 1$ Mohm, avînd în paralel o capacitate parazită $C = 12$ pF.

Pentru a nu compromite performanțele aparatului, este necesară o atenție deosebită la conectarea lui cu transformatorul supus măsurării.

Impedanța de intrare la impuls a cuadripolului echivalent acestui transformator, împreună cu cablurile de conexiune, trebuie să fie mult mai mare decît impedanța de ieșire a generatorului, formată din condensatorul $C_2 = 20\,000$ pF pus în paralel cu una din rezistențele $R_2 = 3\,300$ ohmi sau $R_4 = 280$ ohmi. Această condiție este în general satisfăcută la transformatoare.

O condiție mai severă constă în a menține impedanța de intrare în osilograf mult mai ridicată decît impedanța de ieșire a cuadripolului de mai sus. În acest scop, bornele de intrare în osilograf vor fi situate în imediata apropiere (50—70 cm) a punctelor din transformator, al căror potențial se osilografiază, astfel încît capacitatea la pămînt a cablurilor de conectare a transformatorului cu osilograful să nu depășească 8—10 pF.

Aparatul prezentat în acest articol este mai compact și mai ieftin decît aparatele analoge [5], [6], [7], fără a se renunța la nivelul ridicat al performanțelor de bază.

Bibliografie

[1] *Hortopan Gh.*: Încercarea la impuls a echipamentului electric. București, I.D.T., 1958.

[2] *Avramescu A.*: Efectul de amortizare a curenților turbionari în miezuri magnetice. Comunicările Acad. R.P.R., **9** (1959), 4, 337—347.

[3] *Hortopan Gh.*: Observații privind calculul și comanda unui generator de impuls. Electrotehnica **5** (1957 1, 13—18.

[4] *Hortopan Gh.*: Un generator de impuls de tensiune de 700 kV. Electrotehnica **6** (1958) 5, 172—176.

[5] *Karady G.*: Generator de unde de șoc de joasă tensiune. Elektrotechnika **48** (1955), 6, 211—219.

[6] *Tatarnikova N. A.*: Instrument de măsură oscilografic pentru studiul proceselor de impuls în înfășurările transformatorilor. Elektricestvo **76** (1955) 5, 52—54.

[7] *Lagasse I., Teissie M.*: Generatorul de unde de șoc repetate. Revue générale d'électricité **61** (1952) 10, 425—429.

Intrat în redacție la 9 februarie 1960.

Note

Permeabilitatea magnetică complexă la cîmpuri mici, în cazul unei magnetizări concomitente intense în curent alternativ

CZ 621.314.224.3 : 538.213

Magnetizarea miezurilor feromagnetice efectuată simultan cu ajutorul a două circuite de curent alternativ, în scopul suprapunerii efectelor, are numeroase aplicații în electrotehnică. Astfel, prin magnetizare suplimentară în curent alternativ se mărește permeabilitatea miezurilor transformatoarelor de curent care, fiind dimensionate în general pentru inducții mici, funcționează în cotul de jos al curbei de magnetizare, în domeniul în care permeabilitatea este mică. Schema magnetizării concomitente este dată în fig. 1. În figură s-au indicat sensurile pozitive în circuitele electrice și magnetice.

Se observă că la secțiuni egale ale miezurilor și realizare perfect simetrică, cele două circuite nu sînt cuplate prin inducție electromagnetică. Dacă prin urmare $I = 0$ (și $I_0 \neq 0$), la bornele acestui circuit nu apare tensiune ($U = 0$). Dacă $I \neq 0$ rezultă $U \neq 0$, legătura între aceste două mărimi, neglijînd căderile ohmice, fiind determinată (pe lîngă mărimile constructive și în afară de frecvență) de permeabilitatea complexă a miezurilor, care apare în condițiile magnetizării suplimentare prin curentul $\underline{I}_0$. Cu ajutorul legii circuitului magnetic se asociază lui $\underline{I}$ un cîmp $\underline{H}$, iar lui $\underline{I}_0$ un cîmp $\underline{H}_0$. Admitem că $H \ll H_0$, adică magnetizarea în circuitul studiat este mică în raport cu cea suplimentară, care apare ca o magnetizare de bază, cu rol determinant asupra permeabilității.

Permeabilitatea $\underline{\mu}_\rho = \dfrac{\underline{B}}{\underline{H}}$ depinde însă și de unghiul ρ între $\underline{H}$ și $\underline{H}_0$. În literatură [1], [2] se arată că $\mu_{\rho=0} = \mu_d$ (permeabilitatea diferențială), adică are valoarea $\dfrac{dB_0}{dH_0}$, iar $\mu_{\rho=90°} = \mu_t$ (permeabilitatea totală), adică are valoarea $\dfrac{B_0}{H_0}$. Se indică de asemenea valoarea permeabilității la o fază ρ oarecare dar nu se prezintă forma complexă $\underline{\mu}_\rho$ a permeabilității, a cărui loc geometric, în reprezentare grafică, apare ca un cerc ușor de construit. În prezenta lucrare această lacună se completează aplicînd calculului de analiză infinitezimală la mărimi complexe, care reprezintă mărimi sinusoidale, în locul unei metode mai greoaie de reprezentare geometrică folosită în literatură. Rezultatele sînt exacte în măsura în care următoarele ipoteze admise sînt îndeplinite în realitate:

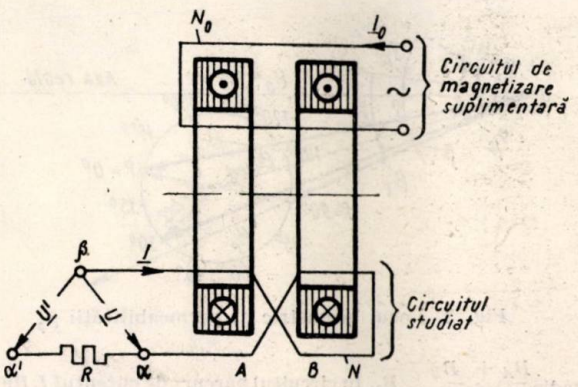


Fig. 1. Schema magnetizării concomitente a două miezuri (A și B) în curent alternativ.

a) $H \ll H_0$;

b) construcţie perfect simetrică, material feromagnetic omogen ;

c) fenomene pur sinusoidale.

Ultima ipoteză stă la baza aplicării metodei de calcul cu numere complexe şi a reprezentărilor vectoriale. Ea nu este realizată decît cu aproximaţie, din cauza caracteristicii de magnetizare neliniare şi a fenomenului de histerezis ; din

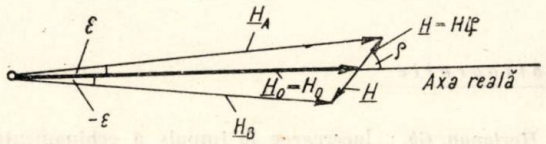


Fig. 2. Diagrama vectorială a intensităţilor de cîmp.

această cauză rezultatele experimentale nu coincid cu precizie cu cele stabilite teoretic. După cum se va arăta însă, ele confirmă totuşi în mod convingător corectitudinea rezultatelor dezvoltărilor analitice.

În fig. 2, $\underline{H}_0$ este orientat după axa reală, deci $\underline{H}_0 = H_0$ şi $\underline{H} = H\lfloor\rho$. S-au reprezentat şi intensităţile rezultante ale cîmpurilor magnetice din cele două miezuri $\underline{H}_A = H_0 + \underline{H}$ şi $\underline{H}_B = H_0 - \underline{H}$, care formează unghiurile $\pm\varepsilon$ cu axa reală. În ipoteza $H \ll H_c$, rezultă $\lfloor\pm\varepsilon \cong 1 \pm j\,\frac{H \sin\rho}{H_0}$. Inducţia rezultantă fiind funcţie numai de intensitatea de cîmp rezultantă, se obţine :

$$\underline{B}_A = \underline{f}(|\underline{H}_0 + \underline{H}|)\lfloor\varepsilon \cong [\underline{f}(H_0) + \underline{f}'(H_0)\ H\cos\rho]\lfloor\varepsilon =$$

$$= (\underline{B}_0 + \frac{\mathrm{d}\underline{B}_0}{\mathrm{d}H_0} H\cos\rho)\ (1 + j\,\frac{H}{H_0}\sin\rho) \cong$$

$$B_0 + \frac{\mathrm{d}B_0}{\mathrm{d}H_0} H\cos\rho + j\,\frac{B_0}{H_0} H\sin\rho \qquad (1)$$

$$\underline{B}_B = \underline{f}(|\underline{H}_0 + \underline{H}|)\lfloor -\varepsilon \cong [\underline{f}(H_0) - \underline{f}'(H_0)\ H\cos\rho]\lfloor -\varepsilon =$$

$$= (\underline{B}_0 - \frac{\mathrm{d}\underline{B}_0}{\mathrm{d}H_0} H\cos\rho)(1 - j\,\frac{H}{H_0}\sin\rho) \cong$$

$$\underline{B}_0 - \frac{\mathrm{d}\underline{B}_0}{\mathrm{d}H_0} H\cos\rho - j\,\frac{B_0}{H_0} H\sin\rho. \qquad (2)$$

În circuitul de magnetizare suplimentară fluxurile se adună, ceea ce revine la a considera în cele două miezuri o inducţie

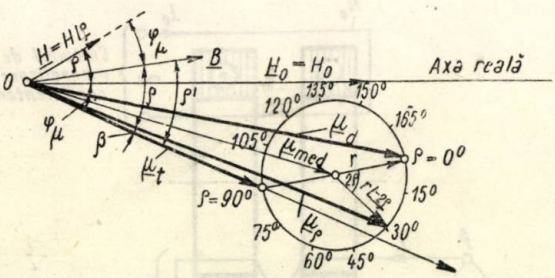


Fig. 3. Locul geometric al permeabilităţii $\underline{\mu}_\rho$

medie $\frac{\underline{B}_A + \underline{B}_B}{2} = \underline{B}_0$. În circuitul parcurs de curentul I, fluxurile se scad şi deci înlănţuirea se poate calcula considerînd secţiunea totală a celor două miezuri cu inducţia $\underline{B} = \frac{\underline{B}_A - \underline{B}_B}{2}$. Astfel se obţine :

$$\underline{\mu}_\rho = \frac{\underline{B}}{\underline{H}} = \frac{\frac{\underline{B}_A - \underline{B}_B}{2}}{\underline{H}\lfloor\rho} = \left(\frac{\mathrm{d}\underline{B}_0}{\mathrm{d}H_0}\cos\rho + j\,\frac{\underline{B}_0}{H_0}\sin\rho\right)\lfloor -\rho \qquad (3)$$

Din relaţia (3) rezultă prin particularizare :

$$\underline{\mu}_{\rho=0} = \frac{\mathrm{d}\underline{B}_0}{\mathrm{d}H_0} = \underline{\mu}_d$$

$$\underline{\mu}_{\rho=90°} = \frac{\underline{B}_0}{H_0} = \underline{\mu}_t \qquad (4)$$

Prin urmare, expresia (3) se poate scrie :

$$\underline{\mu}_\rho = (\underline{\mu}_d \cos\rho + j\,\underline{\mu}_t \sin\rho)\ (\cos\rho - j\sin\rho)$$

sau

$$\underline{\mu}_\rho = \underline{\mu}_{med} + \underline{r}\lfloor -2\rho \qquad (5)$$

unde

$$\underline{\mu}_{med} = \frac{\underline{\mu}_d + \underline{\mu}_t}{2}$$

$$\underline{r} = \frac{\underline{\mu}_d - \underline{\mu}_t}{2} \qquad (6)$$

Din relaţia (5) se observă că în reprezentare grafică (fig. 3), locul geometric al lui $\underline{\mu}_\rho$ la variaţia lui ρ este un cerc, cu centrul în vîrful lui $\underline{\mu}_{med}$ cu raza r, punctele cercului fiind parcurse la variaţia lui ρ între 0° şi 180°. Cercul se construieşte

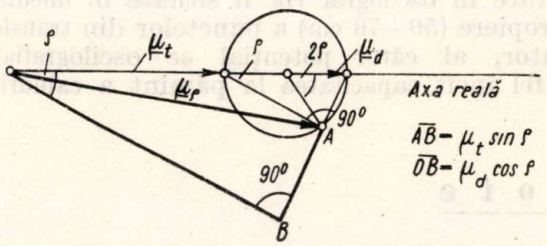


Fig. 4. Determinarea analitică a permabilităţii $\underline{\mu}_\rho$.

cu diametrul pe vîrfurile lui $\underline{\mu}_d$ ($= \underline{\mu}_{\rho=0}$) şi $\underline{\mu}_t$ ($= \underline{\mu}_{\rho=90°}$). Din fig. 3 se vede că unghiul ρ' dintre $\underline{B}$ şi $\underline{B}_0$ diferă de unghiul ρ dintre $\underline{H}$ şi $\underline{H}_0$ prin unghiul β format între $\underline{\mu}_\rho$ şi $\underline{\mu}_t$:

$$\rho' = \rho + \beta \qquad (7)$$

Din relaţia $\underline{B} = \underline{\mu}_\rho \underline{H}$ rezultă că variaţia lui $\underline{\mu}_\rho$ reprezintă şi variaţia lui $\underline{B}$ dacă $\underline{H} = H = \text{const.}$, şi deci imaginea grafică a lui $\underline{\mu}_\rho$ prezintă interes în acest caz. Dacă $\underline{B} = B = \text{const.}$, rezultă $\underline{H} = \frac{1}{\underline{\mu}_\rho}\ \underline{B} = \frac{\text{const.}}{\underline{\mu}_\rho}$. Pentru acest caz (adică tensiune de alimentare constantă, dacă se neglijează căderile ohmice) prezintă interes reprezentarea grafică a lui $\frac{1}{\underline{\mu}_\rho}$. Aceasta va fi tot un cerc, situat în primul cadran şi construit cu diametrul pe vîrfurile lui $\frac{1}{\underline{\mu}_d}$ şi $\frac{1}{\underline{\mu}_t}$.

Dacă pentru calcule analitice se consideră că $\underline{\mu}_d$ şi $\underline{\mu}_t$ sînt mărimi reale, apare reprezentarea grafică aproximativă din fig. 4. Din figură rezultă că :

$$\mu_\rho = \sqrt{\mu_d^2 \cos^2\rho + \mu_t^2 \sin^2\rho}. \qquad (8)$$

Această expresie corespunde relaţiei (3) din [2].

Încercări experimentale. Pentru a verifica experimental corectitudinea reprezentării grafice fin fig. 3, un sistem ca cel din fig. 1 a fost alimentat (cu curent sinusoidal) la circuitul de magnetizare suplimentară avînd $N_0 = 7$ spire de la un regulator de fază, şi astfel variaţiile de fază între $\underline{I}_0$ şi $\underline{I}$ au fost indicate direct. În circuitul de studiat, avînd $N = 78$

spire s-a măsurat $\underline{I}$ (sinusoidal), $\underline{U}$ și $\underline{U}' = \underline{U} + R\underline{I}$. R fiind cunoscut, s-a reprezentat $R\underline{I}$ (fig. 5) după axa reală, iar cu ajutorul mărimilor $\underline{U}$ și $\underline{U}'$ s-a determinat $\underline{U}$ și ca direcție. Dacă I = const. rezultă și H = const., iar B este proporțional cu $\underline{\mu}_\rho$. Prin urmare $\underline{U} = jk\underline{\mu}_\rho$, k fiind o constantă. Rezultă că locul geometric al lui $\underline{U}$, privit în raport cu axa imaginară, trebuie să corespundă locului geometric al lui $\underline{\mu}_\rho$ față de axa reală.

Deși s-a presupus că construcția este perfect simetrică, totuși la valori mici ale lui $\underline{U}$ devin perceptibile tensiuni $\underline{\Delta U}$ induse din circuitul de magnetizare suplimentară în circuitul studiat. $\underline{\Delta U}$ are faza corespunzătoare fazei lui $\underline{I}_0$, deci tensiunea suplimentară indusă își schimbă semnul dacă ρ variază cu 180°. Așadar, tensiunile măsurate la unghiurile ρ și $\rho + 180°$ vor fi :

$$\underline{U}_\rho = \underline{U} + \underline{\Delta U},$$

$$\underline{U}_{\rho+180°} = \underline{U} - \underline{\Delta U}, \tag{9}$$

de unde

$$\underline{U} = \frac{1}{2}(\underline{U}_\rho + \underline{U}_{\rho+180°}) \tag{10}$$

Fig. 6 reprezintă modul de determinare a tensiunii $\underline{U}$ pe baza relațiilor (9) sau (10). La măsurători s-a constatat că,

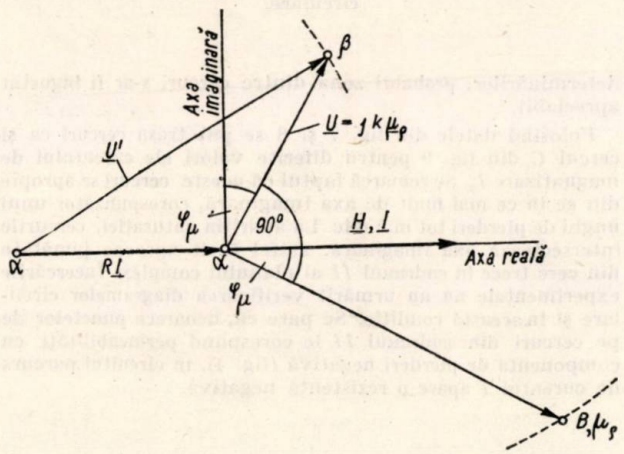


Fig. 5. Determinarea locului geometric al lui $\underline{U}$.

potrivit așteptărilor, la I_0 = const., se obține și ΔU = const., iar ca direcție $\underline{\Delta U}$ variază cu variațiile lui ρ. ΔU se măsoară direct la $I = 0$. S-a constatat, în cazul miezurilor folosite pentru încercare, că ΔU nu crește în mod continuu la mărirea lui I_0, ci după o primă creștere, scade, trece apoi printr-un minim și numai după aceea crește din ce în ce mai rapid, cu apariția saturației. De aici s-a tras concluzia că ΔU se datorește nu atît unei construcții neuniforme, cît mai ales comportării neuniforme a celor două miezuri, adică apariției unor fluxuri și pierderi în fier inegale. De altfel, pentru unele valori ale lui I_0 s-a încercat și s-a reușit să se elimine ΔU prin compensare cu mici modificări ale numărului de spire și prin mărirea pierderilor folosind o spiră scurtcircuitată pe un miez. Aceeași compensare nu este eficace pentru toate valorile lui I_0.

La $H \ll H_0$, μ_ρ nu depinde de I (la I_0 = const. și ρ = const.) și prin urmare U trebuie să varieze proporțional cu I. Această proporționalitate s-a confirmat experimental pentru diferite valori ale lui I_0.

Pentru a verifica diagrama circulară din fig. 3 s-au determinat întîi, lăsînd circuitul de magnetizare suplimentară în gol, mărimile care caracterizează comportarea magnetică a miezurilor : U și φ_{μ_t} în funcție de NI (sau $N_0 I_0$). Pentru aceasta s-au măsurat I, U și U' (R a avut valoarea de 50Ω, N = 78 spire). Rezultatele măsurătorilor s-au trecut în tabela 1. Pe baza tabelei 1 în fig. 7 s-a reprezentat (cu metoda din fig. 5) $\underline{U}$ la unghiul de fază φ_{μ_t}, cum și diferența de tensiune U_d și

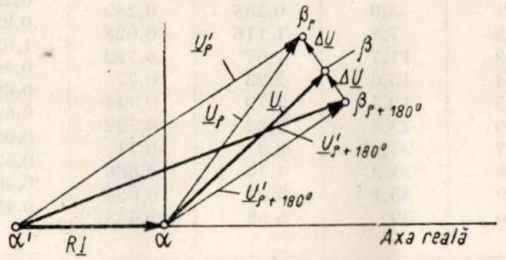


Fig. 6. Determinarea tensiunii $\underline{U}$ pe baza tensiunilor $\underline{U}_\rho$ și $\underline{U}_{\rho+180°}$.

Tabela 1

Nr.	I (A)	RI (V)	U (V)	U' (V)	NI (sau $N_0 I_0$) (A)
1	0,05	2,5	1,1	3,3	3,9
2	0,1	5	4,9	8,7	7,8
3	0,15	7,5	8,8	14,4	11,7
4	0,2	10	12	19,1	15,6
5	0,25	12,5	14,5	23	19,5
6	0,3	15	17	26,8	23,4
7	0,35	17,5	19,4	30,4	27,3
8	0,4	20	21,4	33,7	31,2
9	0,45	22,5	23,1	36,8	35,1
10	0,5	25	24,7	39,8	39

faza ei φ_{μ_d}. În tabela 2 s-a calculat în funcție de NI (sau $N_0 I_0$) raportul $\frac{U}{NI}$, iar pe baza figurii 7 din care s-a citit U_d, corespunzător unor diferențe de curent de I = 0,05 A, s-a calculat raportul $\frac{U_d}{NI} = \frac{U_d}{78.0{,}05} = \frac{U_d}{3{,}9}$. Aceste rapoarte sînt proporționale cu permeabilitățile μ_t și μ_d și servesc

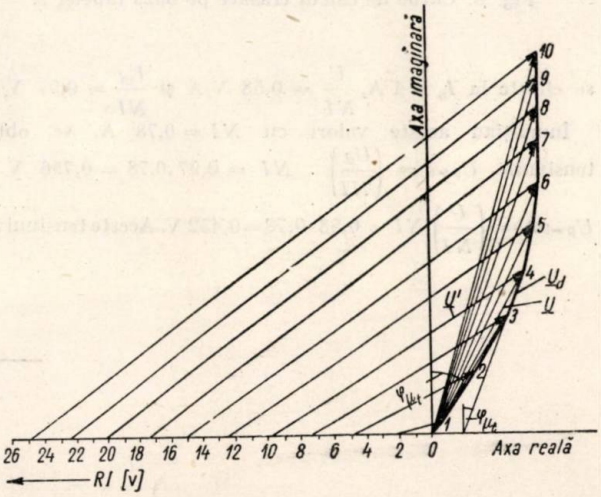


Fig. 7. Determinarea lui $\underline{U}$ în funcție de $\underline{I}$.

la determinarea locurilor geometrice circulare la diferite valori $N_0 I_0$ deci la diferiți curenți I_0 de magnetizare suplimentară (N_0 = 7 spire).

Tabela 2

Nr.	NI (sau $N_0 I_0$) (A)	I_0 (A)	$\frac{U}{NI}$ (V/A)	$\frac{U_d}{NI}$ (V/A)
1	3,9	0,558	0,282	0,282
2	7,8	1,116	0,628	0,982
3	11,7	1,67	0,752	1,025
4	15,6	2,23	0,77	0,795
5	19,5	2,79	0,744	0,692
6	23,4	3,34	0,727	0,692
7	27,3	3,9	0,71	0,667
8	31,2	4,46	0,686	0,539
9	35,1	5,01	0,658	0,461
10	39	5,58	0,633	0,41

Cu datele din tabela 2 s-au trasat curbele din fig. 8, reprezentînd pe $\frac{U}{NI}$ şi $\frac{U_d}{NI}$ în funcţie de I_0. Curbele s-au trasat între puncte şi pot servi deci pentru determinarea unor valori intermediare.

În continuare s-au efectuat măsurători cu $I_0 = 1$ A, deci $N_0 I_0 = 7 .1 = 7$ A şi $I = 0{,}01$ A, deci $NI = 78 .0{,}01 = 0{,}78$ A. Condiţia $H \ll H_0$ a fost prin urmare îndeplinită. Din fig. 8

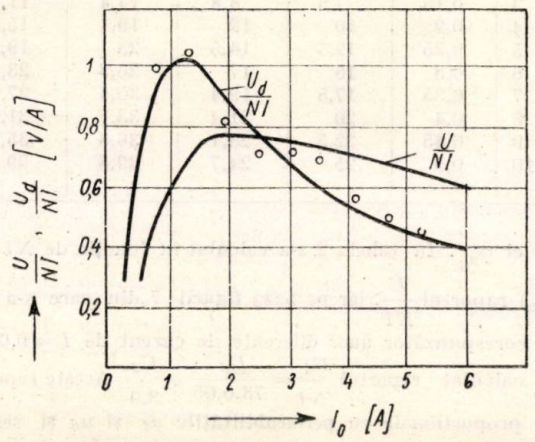


Fig. 8. Curbe de calcul trasate pe baza tabelei 2.

se citeşte la $I_0 = 1$ A, $\frac{U}{NI} = 0{,}58$ V/A şi $\frac{U_d}{NI} = 0{,}97$ V/A.

Înmulţind aceste valori cu $NI = 0{,}78$ A, se obţin tensiunile $U_{\rho=0} = \left(\frac{U_d}{NI}\right) . NI = 0{,}97 .0{,}78 = 0{,}756$ V şi $U_{\rho=90°} = \left(\frac{U}{NI}\right) NI = 0{,}58 \cdot 0{,}78 = 0{,}452$ V. Aceste tensiuni au fost trecute pe fig. 9 cu faza stabilită din fig. 7 şi astfel s-a determinat cercul C. Punctele din figură corespund determinărilor directe ale lui U, ca în fig. 6, la $I_0 = 1$ A, $I = 0{,}01$, A, după cum s-a amintit, şi ρ variind din 15 în 15 grade. Se constată că punctele determinate sînt cuprinse în zona haşurată între cercurile C' şi C''. Prin îmbunătăţirea preciziei

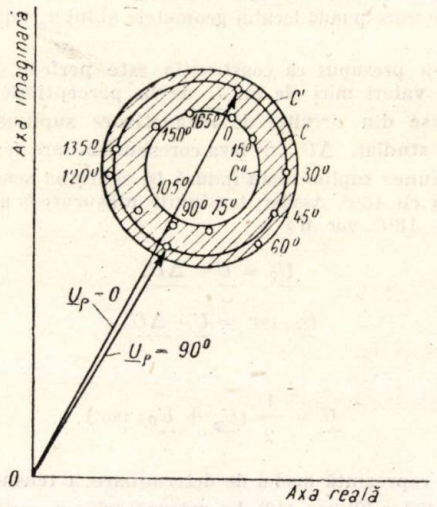


Fig. 9. Verificarea experimentală a diagramei circulare.

determinărilor, probabil zona dintre cercuri s-ar fi îngustat apreciabil.

Folosind datele din fig. 7 şi 8 se pot trasa cercuri ca şi cercul C din fig. 9 pentru diferite valori ale curentului de magnatizare I_0. Se remarcă faptul că aceste cercuri se apropie din ce în ce mai mult de axa imaginară, corespunzător unui unghi de pierderi tot mai mic. La apariţia saturaţiei, cercurile intersectează axa imaginară, astfel încît aproape jumătate din cerc trece în cadranul *II* al planului complex. Încercările experimentale nu au urmărit verificarea diagramelor circulare şi în această condiţie. Se pare că, deoarece punctelor de pe cercuri din cadranul *II* le corespund permeabilităţi cu componenta de pierderi negativă (fig. 4), în circuitul parcurs de curentul I apare o rezistenţă negativă.

Bibliografie

[1] *Goldstein I.*: Die Messwandler, Verlag Birkhäuser, Basel, 1952, pag. 77–78.

[2] *Lucescu T.*: Teoria magnetizării suplimentare alternative a miezurilor feromagnetice, Electricitatea ASIT (1952) 3, 25–29.

Conf. ing. **A. Semlyén**

Intrat în redacţie la 6 iulie 1959.

Documentare

621.315.6 *Materiale izolante*

Policarbonaţii în industria electrotehnică. [După H. Hofmeier: Elektrot. Z.—B., **11** (1959) 10, 412—415.]

CZ 621.315.616.96—416

În seria materialelor sintetice policarbonaţii sînt produşi noi, reprezentînd poliesteri ai acidului carbonic şi fiind utilizaţi în special sub formă de macrolon sau macrofol. După două tabele conţinînd însuşirile mecanice şi termice ale macrolonului urmează curbe, care — în funcţie de temperatură — ne dă valori pentru rezistenţa la rupere şi încovoiere a acestui material termoplastic.

O altă serie de diagrame ne ilustrează calităţile electrice (izolaţie, străpungere etc.) ale macrofolului, utilizat sub formă de foi de 0,2—0,02 mm grosime. Constanta dielectrică a acestui material, rămînînd aproape neschimbată între —20°C şi +140°C, face ca macrofolul să fie deosebit de indicat la fabricarea condensatoarelor.

Sînt date apoi exemple de utilizare a bicarbonaţilor, cum ar fi piese izolante utilizate în industria electrotehnică, izolări cu macrofol a conductelor şi ancoşelor etc.

După cîteva consideraţii tehnologice în legătură cu lipirea între ele a foilor de macrofol datorită solubilităţii lor sau prin sudura sub presiune, articolul încheie cu descrierea unui macrofol special de 10 μ grosime şi o toleranţă de $\pm$ 1μ utilizat la confecţionarea condensatoarelor. O serie de curbe şi o tabelă completează însuşirile macrofolului din punctul de vedere al alungirii, rezistenţei la rupere şi constantei dielectrice.

G.C.

Cauciucul butilic în fabricarea cablurilor. [După W. Grabowski: Elektrot. Z.—B., **11** (1959) 10, 423 — 425.]

CZ 621.315.616.7 :621.315.2/3

S-a simţit lipsa unui izolant de conductoare, cum este cauciucul butilic, care poate fi încărcat permanent pînă la temperatura de 80°C, în special la instalaţiile mobile, unde încălzirea conductelor nu poate fi redusă prin mărirea secţiunilor apoi pe vapoare unde joacă un rol preponderent greutatea şi spaţiul ocupat de instalaţii, în trenurile electrice, unde se trece tot mai mult la încălzirea sub 1—6 kV şi unde conductele de racord sînt supuse încălzirii adiţionale din radiatoare.

Izobutilenul monomer, care formează materia de bază, este transformat în aşa fel încît sînt ameliorate atît însuşirile mecanice, cît şi rezistenţa faţă de efectul oxigenului. Comisia IEC a şi stabilit norme de garanţie pentru acest material, cum ar fi rezistenţa de 45 kg/cm² la rupere, alungirea de 300% în momentul ruperii etc. Ca avantaje sînt menţionate însuşirile mecanice, care rămîn neschimbate şi la temperaturi ridicate, apoi rezistenţa faţă de oxigen şi ozon, precum şi faptul că poate să fie încălzit pentru perioade scurte chiar pînă la 2×80°C, fără să se altereze.

Urmează consideraţii privind formarea cablurilor cu ajutorul acestui material, precum şi încărcarea acestor cabluri, în comparaţie cu cablurile din cauciuc natural. Ca domenii de utilizare sînt indicate sălile de cazane, instalaţiile de maşini, centralele termice, centralele cu reactoare nucleare, faruri, instalaţii pe vapoare şi în trenuri.

G.C.

Foi izolante din ester de acid politereftalic în industria electrotehnică. [După E. Gwinner: Elektrot. Z.— B., **11** (1959) 10, 419—422.]

CZ 621.315.616.9—416 :678.742—416

Materialul este fabricat de diferite ţări şi apare în comerţ sub numele de Hostaphan, Melinex, Mylar etc. şi dintre produsele de acest gen fabricate pe scară industrială este cel mai subţire, putînd fi executat în foiţe pînă la 0,006 mm grosime. Rezistenţa la rupere a acestui material este jumătate din cea a oţelului, iar în privinţa forfecării, o foaie de 0,02 mm nu poate fi ruptă cu mîna. La umiditate, materialul este insensibil şi are în plus o rezistenţă termică deosebit de ridicată. O tabelă detaliată indică însuşirile fizice, electrice, termice şi chimice ale acestui material. Reiese astfel din tabelă că tensiunea de străpungere este de circa 1 600 kV/cm, rezistenţa specifică circa 10^{17} Ω cm, rezistenţa la rupere 14—25 kg/mm² etc. Trei diagrame redau (pentru Hostaphan) puterea de străpungere (kV/cm), rezistenţa specifică, constanta dielectrică relativă şi indicele de pierderi dielectrice, toate în funcţie de temperatură. După cîteva observaţii în legătură cu descărcările corona se trece la domeniile de utilizare a acestui material. Utilizat fie singur, fie în combinaţie cu azbest, preşpan, mică, împletitură de sticlă etc., acest material utilizat la izolarea ancoşelor şi a bobinelor a reuşit să reducă simţitor dimensiunile maşinilor electrice. Este întrebuinţat de asemenea la izolarea conductelor, a simburilor de transformatoare şi a cablurilor, apoi la fabricarea condensatoarelor, ca bandă purtătoare a benzilor de magnetofon ş.a.m.d.

G.C.

Materiale spumoase ca izolanţi în electrotehnică. [După F. Stastny: Elektrot. Z.—B., **11** (1959) 10, 425—426.]

[CZ 621.315.616.96—496

Polietilena spumoasă utilizată în special pentru cablurile de înaltă frecvenţă, precum şi la conductele de telefon, se aplică prin acelaşi sistem de stropire (pulverizare), ca şi polietilena obişnuită, adăugîndu-se însă — în cazul polietilenei spumoase — şi anumiţi compuşi pentru formarea celulelor pentru lipire etc. Se descrie pe scurt fenomenul de aplicare a acestei spume pe conductor, indicîndu-se apoi un produs nou, deosebit de uşor (0,032 g/cm³), ale cărui însuşiri (rezistenţă mecanică, constantă dielectrică, conductibilitate termică etc.) sînt prezentate într-o tabelă.

Urmează apoi o altă tabelă cu date privind polistirolul spumos, utilizat la cabluri de înaltă frecvenţă sau la conducte telefonice. Interesante sînt însuşirile dielectrice, care în anumite cazuri au dus la o amortizare a transmiterii cu 25% mai redusă pe km decît la cablurile cu izolaţie de hîrtie, obţinîndu-se astfel şi o reducere a staţiilor de amplificare de pe linie. Un alt material spumos „Styropar"-ul se utilizează atît la izolări cît şi la ambalajul aparatelor electrice sensibile, precum şi al lămpilor incandescente.

Autorul mai citează spuma de silicon cu însuşiri dielectrice şi mecanice superioare, rezistînd la temperaturi de 300°C, cum şi izospuma utilizată ca izolant termic şi acustic la trecerea tuburilor cu conducte prin pereţi.

G.C.

Experienţa cîştigată cu cabluri şi conducte izolate cu materiale sintetice. [După H. Henze: Elektrot. Z—B., **11** (1959), 10, 416—419.]

CZ 621.315.2/.3 :621.315.616.96

Seriile clasice ale cablurilor cu izolaţie de hîrtie şi manta de plumb au fost completate — pînă la tensiunea de 30 kV — cu cabluri, la care izolaţia şi mantaua sînt executate din CPV (clorură de polivinil). O tabelă bogată indică pentru diferitele utilizări (reţele, centrale, instalaţii interioare uscate sau umede) cablul sau conductorul, care trebuie ales. Reiese din tabelă că sînt puţine la număr cazurile (în apropierea conductelor de combustibili sau alţi agenţi chimici, în încăperi umede etc.) în care mai este necesară mantaua de plumb la cabluri. Şi la conducte izolaţia de cauciuc a fost înlocuită cu CPV, chiar în cazul încăperilor umede, expuse coroziunii etc. Rezistenţa de izolaţie şi rezistenţa la străpungere este independentă de umiditate la CPV, ceea ce nu este cazul la cauciuc. Şi în privinţa limitelor de temperatură suportate de cablurile şi conductele izolate cu CPV apar evidente avantajele acestora faţă de vechile izolaţii. Din curburile mai mici la montare şi din greutatea mai redusă a cablurilor CPV rezultă economii de spaţiu şi în special reducerea cu pînă la 50% a timpului de montaj. Sînt tratate apoi prin comparaţie mufele terminale la vechile cabluri şi la cablurile CPV, la care racordul devine cu circa 70 — 90% mai ieftin. Rezistenţa faţă de cei

mai mulţi agenţi chimici face ca atît cablurile cît şi conductele CPV să fie preferate în industriile chimice iar comportarea acestor cabluri la foc evită transmiterea incendiului de-a lungul traseelor electrice.

G.C.

621.317 *Tehnica măsurilor electrice. Aparate de măsură*

Instalaţie pentru verificarea frecvenţmetrelor. [După A. I. Kuzmin: Izmeritelnaia tehnika (1959) 8, 39—40, 2 fig.]

CZ 621.317.361.089.6

Se descriu două scheme de încercare a frecvenţmetrelor, care funcţionează pe principiul rezonanţei sau al aparatelor cu ac indicator. Schemele propuse sînt economice, sigure în funcţionare şi pot fi întrebuinţate în orice laborator.

În prima variantă, frecvenţmetrul de încercare se montează în paralel cu alt frecvenţmetru etalon şi cu un transformator de tensiune 6/220/110 V, care la rîndul lui se leagă la un generator de curent continuu de 60 W, 6 V. Acest generator se cuplează cu un motor de curent continuu alimentat de la o reţea de tensiune alternativă (220 V), prin intermediul unui automatizator; tensiunea este redresată cu ajutorul unui redresor cu seleniu de 64 V, 12 A. Raportul diametrelor şaibelor motor-generator 2 :1.

Cu ajutorul autotransformatorului se reglează turaţia motorului, putîndu-se astfel regla frecvenţa generatorului în limitele 45—55 Hz. Varianta a doua foloseşte acelaşi principiu de măsură descris mai sus; deosebirea constă în folosirea unei comutatrice în loc de grupul motor-generator.

Fl. T.

Evaluarea rezultatelor măsurătorilor tangentei unghiului de pierderi. [După M. Rákos: Elektrotechn. Obz. **48** (1959) 9, 482—485, 3 fig., 1 tab., 5 ref. bibl.]

CZ 621.317.374

La măsurarea tangentei unghiului de pierderi, plăcile condensatorului auxiliar sînt blocate mecanic una faţă de alta printr-un dielectric solid, care — chiar dacă este de bună calitate — reprezintă o perditanţă, care în numeroase cazuri nu poate fi egalizată. La măsurarea capacităţilor şi pierderilor condensatoarelor mici se montează adesea în paralel cu condensatorul măsurat un condensator cu aer de capacitate cunoscută, măsurîndu-se capacitatea rezultantă şi pierderile rezultante. În aceste cazuri se pune problema scăderii pierderilor condensatorului cu aer, respectiv ale condensatorului adiţional, din valoarea măsurată, pentru a se deduce valoarea corectă a lui tg δ a condensatorului măsurat, respectiv a dielectricului considerat. Se deduce o relaţie pentru scăderea pierderilor şi se propune, pentru accelerarea determinărilor, o metodă grafică rapidă şi exactă. Se citează cîteva măsurători şi folosirea lor.

A. S.

Instalaţie pentru măsurarea magnetostricţiunii în intervalul de temperatură de la —180°C la +440 C. [După B. M. Ianovski: Izmeritelnaia tehnika (1959) 4, 27—30, 5 fig., 2 tabele, 1 ref. bibl.]

CZ 621.317.44 :538.652

Una din caracteristicile magnetostricţiunii probelor este coeficientul de temperatură al magnetostricţiunii $\beta = \frac{d\lambda}{dt}$, valoare care depinde de material şi de aceea trebuie determinat experimental pentru fiecare exemplar. În articol se descrie o instalaţie pentru măsurarea magnetostricţiunii în intervalul de temperatură de la —180°C la +440°C. Instalaţia constă din două părţi: una serveşte pentru măsurarea magnetizării probei, cealaltă pentru măsurarea stricţiunii la magnetizarea dată.

Prima parte a instalaţiei constă dintr-un magnetometru astatic şi două bobine de magnetizare. Sistemul astatic constă din doi magneţi permanenţi de formă cilindrică, distanţaţi la 100 cm, iar momentul magnetic dintre ei 188,6 C.G.S.

Gradarea magnetometrului în unităţi de moment magnetic se face cu ajutorul unor magneţi permanenţi ale căror momente magnetice sînt cunoscute. Un termostat care lucrează de la 20°C la 440°C şi un criostat pentru temperaturi de la 20°C la —180°C sînt plasate în cele două bobine.

Partea instalaţiei care se ocupă cu măsurarea magnetostricţiunii se compune dintr-un interferometru PIO-1 cu tub de cuarţ. Se descrie metoda de măsurare. Rezultatele măsurătorilor magnetostricţiunii probelor din materiale diferite şi temperaturi diferite au arătat că la toate materialele magnetostricţiunea depinde de temperatură şi de natura materialului. Sînt prezentate diagramele de comportare a fierului şi nichelului la creşterea temperaturii.

Fl. T.

Automat pentru sortarea magneţilor permanenţi. [După E. E. Ahtianov: Izmeritelnaia tehnika (1959) 7, 30—32, 4 fig., 1 ref. bibl.]

CZ 621.317.44 : 621.318.26

Se prezintă o instalaţie automată realizată în U.R.S.S. şi introdusă în producţie pentru încercarea magneţilor de formă cilindrică. După ce arată dificultăţile care apar la verificarea magneţilor din cauza duratei de încercare şi a magnetizării prealabile, autorul descrie o nouă metodă de măsurare care permite o automatizare a procesului de control. Funcţionarea instalaţiei se rezumă la aducerea periodică a magneţilor de încercat în circuitul magnetic al unui aparat magnetoelectric de construcţie specială, magnetizarea lor prin impuls şi apoi sortarea după calitate.

Se descriu schemele: cinematică, a voltmetrului catodic, a sursei de tensiune stabilizată şi cea pentru sortarea magneţilor.

Instalaţia permite încercarea a 600 magneţi pe oră, cifră care poate fi mărită; introducerea unui buncăr care să încarce automat poate mări productivitatea.

Fl. T.

Cronică

Cursurile de ştiinţă şi tehnică

Semestru I anul 1959 — 60.

CZ 061.3 :51+53+54+62 „1959" (498)

Urmînd o experienţă de peste zece ani, cursurile de ştiinţă şi tehnică, organizate de Casa Oamenilor de Ştiinţă de pe lîngă Academia R.P.R., au cuprins următoarele discipline: Matematica, Fizica, Energetica, Mecanica şi Chimia. În cadrul lor cursurile s-au ordonat pe cicluri, dintre care unele ca analiza matematică, fizica atomică, geofizica, electrotehnica modernă sînt în continuare din anii trecuţi; altele noi corespund unor domenii moderne tehnico-ştiinţifice ca: aplicaţiile maşinilor de calcul, calcul numeric. Cursurile din domeniul Energeticii au fost aproape toate de electrotehnică, ceea ce reiese şi din titlurile celor două cicluri: electrotehnică modernă şi maşini electrice.

În primul ciclu au fost prezentate următoarele cursuri:

Prof. A. Avramescu: *O nouă metodă de calcul a încălzirii conductoarelor la scurtcircuit;*

Prof. R. Răduleţ: *O problemă de efect pelicular;*

Conf. Gh. Hortopan: *Modelarea transformatoarelor electrice.*

În cadrul primelor două prelegeri s-au prezentat rezultate de cercetare originale, iar cea din urmă s-a referit la realizări concrete în laborator, rezultatele aplicîndu-se direct în industrie pentru îmbunătăţirea construcţiei transformatoarelor mari.

În ciclul de maşini electrice s-au prezentat cursurile:

Conf. A Ţugulea şi ing. V. Bunea: *Permeanţa unei maşini sincrone de medie frecvenţă;*

Prof. I. S. Antoniu: *Studiul performanţelor electrice cu ajutorul calculului tensorial.*

Aceste cursuri au fost urmărite mai ales de cercetători din institutele de cercetare ale Academiei R.P.R. sau ale departamentelor.

Este de remarcat că afişajul nu a fost suficient de bine organizat în zilele premergătoare cursurilor, altfel este foarte probabil că auditoriul ar fi fost mai numeros.

A. A.

Recenzii

Acad. prof. ing. I. S. GHEORGHIU. **Maşini electrice** Vol. I. **Maşini de curent continuu, transformatorul.** Editura Ministerului Invăţămîntului Superior — Bucureşti 1957. Vol. II. **Maşina asincronă,** Editura Ministerului Invăţămîntului Superior — Bucureşti 1958.

CZ 621.313+621.314.2 (075.8)

Învăţămîntul tehnic superior în ţara noastră a fost prevăzut, nu mult după primul război mondial, cu disciplina şi catedra de maşini electrice. Sînt de atunci peste 35 de ani şi peste 35 de promoţii de ingineri, care şi-au putut apropia cunoştinţele în acest domeniu datorită acad. prof. ing. I. S. Gheorghiu, care onorează şi azi această catedră. În toată această perioadă, în afară de cursul litografiat al prof. I. S. Gheorghiu, care a apărut în 6 ediţii, nu s-a putut dispune în limba romînă de un manual adecvat şi la nivelul necesar, pentru ca atît studenţii cît şi inginerii care au intrat în producţie să poată învăţa, sau pune în practică cu mai multă uşurinţă cele învăţate.

Această stare de lucruri nu mai putea dăinui după crearea industriei noastre de maşini electrice, fruct al regimului de democraţie populară. Astăzi cînd produsele noastre electrotehnice au atins, din punctul de vedere al calităţii, al complexităţii şi al productivităţii muncii, un nivel comparabil cu al celor mai avansate ţări, cărţile acad. prof. ing. I. S. Gheorghiu completează golul care există în această privinţă

Aceste două volume, care sînt numai începutul unei lucrări complete şi care urmează să trateze şi celelalte categorii de maşini, electrice, sînt :

volumul I, care cuprinde maşini de curent continuu, transformatorul, şi

volumul II, care cuprinde după titlu maşina asincronă însă mai cuprinde şi elementele de bază ale teoriei tuturor maşinilor de curent alternativ.

Aceste două lucrări, pe care ni le propunem să le recenzăm, prelucrează într-o manieră concisă însă clară un vast material de specialitate. Expunerea foloseşte o experienţă didactică de peste 35 de ani.

Volumul I cuprinde două părţi : partea I-maşini de curent continuu, cu 18 capitole şi partea a II-a—transformatorul, cu 16 capitole.

Cele 18 capitole ale părţii întîia tratează : producerea forţei electromotoare în maşinile electrice eteropolare ; principiul de funcţionare al maşinii de c.c. ; principalele elemente constructive ; înfăşurările ; stabilirea formulei f.e.m., a cuplului, principiul reversibilităţii şi ecuaţia de funcţionare ; circuitul magnetic la mersul în gol ; reacţia indusului ; comutaţia ; pierderi şi randament în maşinile electrice ; încălzirea maşinilor electrice şi determinarea puterii nominale ; caracteristicile generatoarelor de c.c., mersul lor în paralel ; caracteristicile motoarelor de c.c. ; regimul tranzitoriu ; introducere la încercările maşinilor electrice ; determinarea randamentului maşinilor electrice de c.c. ; încercări comune tuturor maşinilor electrice ; maşini speciale de c.c.

Cele 16 capitole ale părţii a doua conţin : teoria transformatorului ; elementele principale constructive ; încercările ; schemele echivalente şi diferitele forme ale ecuaţiilor de funcţionare ; metoda triunghiului de scurtcircuit pentru determinarea căderii de tensiune ; pierderi, randament, reactanţa de scăpări ; conexiunile ; armonicele produse de magnetizarea fierului, comportarea la sarcini nesimetrice ; încălzirea şi răcirea ; mersul în paralel ; regimurile tranzitorii ; autotransformatorul şi transformatorul de reglaj ; transformatorul cu 3 bobinaje, transformatoare speciale.

Acad. prof. ing. I. S. Gheorghiu, care are o contribuţie originală în teoria unitară a maşinilor electrice, publicată în parte în Manualul inginerului electrician vol. II, nu-şi începe totuşi lucrarea cu părţile generale ale tuturor maşinilor electrice, aşa cum fac foarte mulţi autori străini, ci preferă să înceapă cu o maşină concretă, ceva mai complicată din punctul de vedere al realizării, însă mai uşor de înţeles, care este maşina de curent continuu.

În cadrul expunerii şi pe nesimţite autorul începe încă din partea I să generalizeze părţile a căror generalizare vine aproape de la sine. Capitolele pierderi, randament, introducere la încercările maşinilor electrice, încălzirea maşinilor electrice se tratează sub o formă valabilă pentru orice maşină electrică, deoarece problemele respective au foarte multe elemente comune tuturor maşinilor electrice, iar lectorul îşi dă seama foarte simplu şi uşor de posibilitatea existenţei unei teorii unitare a maşinilor electrice din toate punctele de vedere.

Autorul depune în lucrare o deosebită atenţie pentru a uşura înţelegerea fizică a fenomenului atît din punct de vedere calitativ, cît şi din punct de vedere cantitativ, ceea ce evident este mai dificil şi totuşi deplin realizat în lucrare. Din acest punct de vedere, încercările la care sînt supuse maşinile electrice, sau la care este bine să fie supuse, sînt tratate pe larg pentru ca cititorul să poată avea clar în minte ce poate şi ce trebuie să pretindă unei anumite maşini electrice. Sînt dezvoltate mai ales acele încercări care sînt recomandate de prescripţiile STAS, GOST, sau internaţionale.

După o expunere sumară a principiului de funcţionare a maşinii de c.c., autorul trece imediat la partea concretă, cum se realizează practic maşina, arătînd partea constructiv-tehnologică a ei, astfel încît cititorul înainte de a continua partea teoretică, pe larg dezvoltată în lucrare, are imprimată imaginea maşinii, în felul acesta înţelegerea părţii mai aride fiind simţitor uşurată.

În cazul transformatorului a cărui cunoaştere este considerată de autor, în mod just, ca avînd o importanţă mare la aprofundarea teoriei tuturor maşinilor de curent alternativ, după arătarea principiilor constructive, se trece la expunerea dezvoltată a încercărilor şi numai după aceea se trece la partea teoretică.

Evident o astfel de metodă de expunere este foarte bună şi folositoare pentru studentul care urmează să-şi apropie primele cunoştinţe în domeniul maşinilor electrice, dar este utilă şi pentru inginerul format, cît şi mai ales pentru cercetătorii, care vor să lărgească, să lămurească sau să soluţioneze problemele încă numeroase care mai pot fi cercetate în acest domeniu.

Acest lucru este posibil deoarece, în lucrarea recenzată aci, sînt arătate şi fixate, în cadrul lor cel mai potrivit, o serie de noţiuni de mare importanţă fizică şi matematică. Dăm un singur exemplu. Chiar aproape la început (pag. 90, vol. I) la studiul maşinii de curent continuu autorul arată : „*parametrul* iniţial cu care se porneşte în proiectarea oricărei maşini electrice este *inducţia în întrefier*". Acest *parametru* fixează în mod complet starea magnetică a maşinii şi deci felul ei de funcţionare.

Faptul că se consideră inducţia ca un *parametru*, *variabil* sau fix după caz, şi încadrarea atît de precisă a acestui principiu nu se mai întîlnesc la nici un autor străin. Noi vom adăuga că acest parametru fixează şi starea electrică a maşinii (prin derivata de ord. 1), adică o fixează din toate punctele de vedere. Cu ajutorul acestui principiu autorul acestei recenzii a dezvoltat şi publicat funcţionarea maşinii de curent continuu cu întrefier neuniform şi a motorului asincron cu rotor conic. De asemenea şi alţi cercetători şi autori au publicat lucrări, folosind acest principiu, de ex. studiul reacţiunii indusului la maşinile de c.c. cu întrefier neuniform. Vom reveni la aceasta, într-o lucrare viitoare, în care se va vedea că folosirea din plin a acestui principiu uşurează mult întrebuinţarea maşinilor de calcul, la proiectarea şi calcularea maşinilor electrice, fie ele chiar complicate.

Efortul pe care autorul îl depune de a căuta ca fenomenul fizic şi maşina concretă să se imprime cît mai bine cititorului nu îl face să diminueze cu nimic tratarea la cel mai înalt nivel a teoriei maşinii de curent continuu, sau a transformatorului. Cuplul, de pildă, este arătat ca un rezultat firesc şi foarte simplu al produsului vectorial $i\,[\mathrm{d}\mathbf{l}\cdot\mathrm{d}\mathbf{B}]$. Problemele de comutaţie sînt expuse într-un mod simplu şi fără ca nimic să fie omis din acest important fenomen.

Tehnica nouă şi punctele moderne de vedere în diferite probleme sînt expuse în lucrare ca de exemplu cele referitoare la problema comutaţiei, la problemele noi ale transformatoarelor uscate, problema materialelor noi etc.

Tratarea mașinilor speciale de curent continuu, a mașinilor amplificatoare, precum și a transformatoarelor speciale se face suficient de dezvoltat și cuprinde tot ce este important și trebuie știut la aceste categorii de mașini, astfel încît formează un punct de plecare pentru acela care dorește să aprofundeze în tratate sau cursuri speciale asemenea mașini.

În lucrare nu sînt neglijate problemele energetice, legate de funcționarea mașinilor examinate, regimurile tranzitorii, conexiunile transformatoarelor etc., care sînt dezvoltate în mod corespunzător.

Nu putem trece, fără a releva părțile originale, rezultate din studiul și cercetările personale ale autorului și care sînt expuse în lucrare, încadrate la locul potrivit. Astfel este problemă eforturilor axiale la scurtcircuitul brusc la transformator și circulația puterilor între *n* transformatoare funcționînd în paralel.

Conținutul manualelor recenzate aci depășește cu mult ceea ce se predă la catedrele de mașini electrice ale institutelor de învățămînt superior, însă aceasta nu dăunează cu nimic studentului, care are nevoie să-și apropie eventual numai materia strict necesară din cadrul programului oficial de învățămînt.

Volumul II, care după titlu tratează mașina asincronă, are tot două părți, numerotate în continuarea celor două părți ale volumului I.

Partea a III-a — Elementele de bază ale teoriei generale a mașinilor electrice de curent alternativ fără colector, cu 6 capitole și

Partea a IV-a — Mașina asincronă, cu 19 capitole.

Cele 6 capitole ale părții a III-a tratează : teoria cîmpurilor învîrtitoare ; producerea f.e.m. și stabilirea f.e.m. în înfășurările de c.a. în cazul formei sinusoidale ; înfășurările de c.a. ; mărimi alternative nesinusoidale în mașinile electrice de c.a., dispersie ; pierderi.

Cele 19 capitole ale părții a IV-a tratează : principiul de funcționare al mașinii asincrone trifazate ; reacția indusului ; mașina cu rotorul calat ; funcționarea în viteză, cuplurile mașinii asincrone, caracteristicile, pierderi, randament ; mașina asincronă cu rotorul în scurtcircuit ; diagrama cercului ; teoria simplificată ; teoria dezvoltată a mașinii asincrone generale, mașină și transformator ; teoria dezvoltată a mașinii asincrone obișnuite, motorul cu bare înalte, motorul cu dublă colivie, pornirea motoarelor asincrone trifazate ; reglajul vitezei și frînarea ; funcționarea mașinii asincrone la abateri ale tensiunii și frecvenței, regimuri speciale de funcționare ; mașina asincronă monofazată ; regimul tranzitoriu.

Autorul începe lucrarea cu teoria cîmpurilor învîrtitoare, însă nu în felul clasic, în care aceasta este tratată în electrotehnică și care nu poate fi considerată satisfăcătoare, cînd se trece la mașini, ci este vorba de cîmpurile rotitoare concrete, așa cum apar ele în ansamblul unei mașini electrice unde acestea ocupă un spațiu complex și neomogen.

Tot ca un capitol aparte sînt tratate și mărimile alternative nesinusiodale, precum și regimurile, care rezultă ca efect al unor acțiuni de asemenea natură. Dispersia precum și pierderile în mașinile electrice de curent alternativ sînt de asemenea tratate într-un mod valabil pentru orice mașină de c.a.

Metoda de tratare pe care autorul a adoptat-o pentru mașina asincronă este potrivită și convenabilă acestei mașini, considerată ca cea mai importantă dintre mașinile electrice existente, dacă ținem seamă că peste 85% din numărul total de mașini din lume sînt mașini asincrone. Grija pe care o depune autorul ca cititorul să poată pătrunde și cuprinde cît mai bine și complet materialul se manifestă aproape la fiecare capitol. Reacția indusului este examinată atît sub forma compunerii fluxurilor învîrtitoare, cît și prin analogica cu transformatorul.

Cuplurile sînt tratate într-un capitol aparte, și anume separat cuplurile utile și separat cele parazite.

Diagrama cercului este studiată sub o formă simplificată, utilă pentru înțelegerea cît mai intuitivă a problemei, pentru ca imediat după aceea să se trateze această diagramă, sub forma ei cea mai completă, folosind ecuațiile din complex. Sînt examinate și funcționarea mașinii asincrone în condiții variabile de tensiune și frecvență, regimurile speciale, fenomenul Görges, pornirea asincronă a mașinii sincrone, antrenarea în sincronism, regimul dublei alimentări, mașinile asincrone speciale în arc, mufele electromagnetice cu alunecare, motorul monofazat cu capacitate. Regimurile tranzitorii sînt tratate în mod dezvoltat și la nivelul corespunzător.

După majoritatea capitolelor avînd importanță din punct de vedere didactic, autorul propune exerciții sau arată exemple de calcul.

Autorul folosește un bogat material bibliografic.

În text sînt arătate lucrările savanților sovietici, plasate la locurile respective, lucrări care au avut o însemnată contribuție la soluționarea problemei. Astfel sînt arătate diagrama lui Kostenko pentru mașina asincronă, lucrările lui Senfer și metoda Kasianov la problemele de comutație ale mașinii de c.c. etc.

Pentru fiecare chestiune care are legătură cu practica și cu fabricația, manualul este completat cu tabele, prescripții și norme de fabricație, fie după standardele noastre și după cele sovietice, fie după alte norme străine. Astfel găsim tabele pentru alegerea periilor de cărbune pag. 137—141 vol. I, tabela pentru tola silicioasă pag. 158—159 vol. I, tabela cu coeficienții înfășurărilor trifazate pag. 83 vol. II, tabela cu datele tehnice ale motoarelor cu poli schimbabili fabricați în U.R.S.S. vol. II pag. 333 etc.

Înaltul nivel științific al conținutului, cantitatea mare a materialului tratat, claritatea expunerii și atacarea de fond a punctelor esențiale ale problemelor fac ca cele două volume recenzate aci ale acad. prof. ing. I. S. Gheorghiu să reprezinte o lucrare de mare valoare, care nu poate lipsi de pe masa de studiu a studentului și nici de pe cea a practicianului.

Este de remarcat, din păcate, că redactarea și tipărirea sînt departe de a fi la înălțimea lucrării. Erata care s-a publicat este mai mult simbolică. Abundă încă o numeroasă serie de greșeli de tipar, printre care de pildă figurile pe dos sînt cele mai inacceptabile.

Datorită acestor erori de tipar se impune să apară o ediție revizuită. Am propune pentru această ocazie ca la noua ediție să se specifice sus la fiecare pagină capitolul, eventual și paragraful, despre care este vorba în textul paginii.

Ing. **V. Bunea**

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU, prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, prof. dr. ing. A. AVRAMESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R. (redactor responsabil), ing. V. BUNEA, laureat al Premiului de Stat, prof. dr. ing. V. CORLĂȚEANU, ing. ȘT. GROSU, conf. ing. GH. HORTOPAN, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. G. LAZARIDE, prof. dr. ing. R. RĂDULET, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat.

Revista „ELECTROTEHNICA", organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Grele. Editor : Asociația Științifică a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. Redacția : București, Str. Ion Ghica, nr. 3. Telefon 16.78.78. Administrația și Casieria : București, Calea Victoriei, nr. 118. Telefon 14 06 24. Redacția își rezervă toate drepturile privind lucrările precum și materialul grafic-ilustrativ apărut în revistă, cît și privitoare la traducerea în limbi străine. Se admit extrase, referate sau comentarii numai cu indicarea completă a sursei. Revista apare lunar. Abonamentul anual : pentru întreprinderi lei 100, individuale lei 30. Prețul unui exemplar : lei 5. Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediile filialelor ASIT, precum și la responsabilii cu presa din cercurile ASIT. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinetele tehnice în contul nostru de virament : Publicațiile Tehnice ASIT-070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin București. Tiparul : Întreprinderea Poligrafică Nr. 2. — c. 1307.

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 588.632:621.3

Hortopan V.: **Генератор Холла.**

Electrotehnica **8** (1960) 5, 145–154

В течение последних лет выявлены многочисленные области применения эффекта Холла в технике и науке при измерении магнитных полей и электрических токов, конструировании деталей для счетно-вычислительных машин, в технике связи и пр.

В статье указаны принципы работы генератора Холла а также теретические и технические соображения, положенные в основу конструирования этих устройств. Отмечаются некоторые возможности использования генератора Холла в технических и научных целях. Весьма часто предпочитается использование генератора Холла по сравнению с другими подобными приборами, из за его компактности и точности получаемых результатов.

ДК 538. 632:621.317.331

Lupaş O.: **Экспериментальное определение ряда параметров полупроводников** Si **и** Ge**.**

Electrotehnica **8** (1960) 5, 155–159

Даются результаты опытов по эффекту Холла и магнитной сопротивляемости при комнатной температуре и температуре жидкого азота, проведенных на Ge *n* и Si *n* и p институтом ИЧЕТ. Представлены использованая экспериментальная аппаратура и измерения сопротивляемости и эффекта Холла. Выводится значение подвижности носителей Ge и Si . Анализируется полученная зависимость константы Холла от значения магнитного поля, причем установлено удовлетворительное соответствие с теоретическими данными.

Результаты могут быть применены на измерительных приборах магнитного поля и следовательно, тока и других электрических величин.

ДК 621.313.17.045.15

Aslan H.: **Применение печатных схем на обмотках вращательных электрических машин.**

Electrotehnica **8** (1960) 5, 160–162

Описаны машины с печатными обмотками, а также методы применимые главным образом при создании экспериментальных моделей. Указаны области применения этих машин, полученные результаты и их недостатки.

ДК 621.315.623.001.6(498)

Popescu C. şi *Tănăsescu Fl.:* **Проектирование выпускаемых в Румынии опорных изоляторов.**

Electrotehnica **8** (1960) 5, 163–171

Представлены результаты исследований, проведенных ИЧЕТ в целях разработки внутренних опорных изоляторов на 6, 10, 15, 35 кв и наружных изоляторов новой конструкции, соответствующих требованиям современной техники. Дается общий обзор способов разрешения данных вопросов за рубежом, показаны факторы учитываемые при определении формы и размеров изоляторов до 35 кв. Далее приводится описание изоляторов проектированных ИЧЕТ и изготовленных электрокерамическим заводом в Турде. В заключение отмечаются технические и экономические преимущества внедрения в производство новых конструкций изоляторов.

ДК 621.317.755:621.317.333.82

Cleja V.: **Генератор повторных импульсов с катодным осциллографом для изучения поведения трансформаторов при наличии импульсной волны.**

Electrotehnica **8** (1960) 5, 171–177

Эквивалентная схема трансформатора импульсной волны существенно отличается от схемы применяемой для промышленной частоты. Таким образом, в каждом отдельном случае распределение потенциалов (и следовательно нагрузка изоляции) в разных точках обмотки будет различным.

В целях исследования этих распределений Электротехническим научно-исследовательским институтом был создан генератор повторных импульсов, оснащенный катодным осциллографом для наблюдения на экране и фотографирования кривой трансформатора, соответствующей импульсной волне.

Дается описание схемы, конструкции и полученных результатов.

ЗАМЕТКИ

ДК 621.314.224.3:538.213

Semlyén A.: **Комплексная магнитная проницаемость малых полей в случае интенсивного одновременного намагничивания переменным током.**

Electrotehnica **8** (1960) 5, 177–180

Освещается вопрос дополнительного намагничивания переменным током ферромагнитных сердечников трансформаторов в целях повышения магнитной непроницаемости. Полученные результаты достигнуты экспериментальным путем.

ДОКУМЕНТАЦИЯ, 181–182
ХРОНИКА, 182
РЕЦЕНЗИИ, 183–184

INHALTSVERZEICHNIS

DK 538.632 : 621.3

Hortopan V. : **Der Hall-Generator**

Electrotehnica **8** (1960) 5, 145–154

In den letzten Jahren sind zahlreiche technische und wissenschaftliche Anwendungen des Hall-Effektes z. B. betreffend die Messung der magnetischen Felder und der elektrischen Ströme, die Erstellung von Bau-Elementen für Rechenmaschinen, verschiedene Anwendungen in der Fernmeldetechnik u.s.w. bekannt geworden.

Die Arbeit bringt die Arbeitsweise eines Hall-Generators sowie theoretische und technische Betrachtungen, welche der Erzeugung dieser Vorrichtungen zu Grundeliegen. Einige Verwendungsmöglichkeiten des Hall-Generators zu technischen und wissenschaftlichen Zwecken werden angegeben, wobei zu bemerken ist, dass der Hall-Generator, wegen seiner bedeutenden Leistungen und seiner ausserordentlich geringen Abmessungen, anderen Vorrichtungen oftmals vorzuziehen ist.

DK 538.632 : 621.317.331

Lupaș O. : **Die versuchsmässige Ermittlung gewisser elektrischer Parameter der Si-und Ge-Halbleiter**

Electrotehnica **8** (1960) 5, 155–159

Es werden die Ergebnisse von Versuchen angegeben, welche im Institut für elektrotechnische Forschungen betr. den Hall-Effekt und den magnetischen Widerstandseffekt bei Zimmertemperatur und bei der Temperatur des flüssigen Stickstoffes in Ge *n* und Si *n* und *p* angestellt worden sind. Nach Beschreibung der verwendeten Versuchseinrichtung wird aus den Messungen des spezifischen Widerstandes und des Hall-Effektes die Beweglichkeit der Ge- und Si-Träger abgeleitet. Die Abhängigkeit der Hall-Konstanten vom magnetischen Feld wird festgestellt und dabei eine gute Uebereinstimmung mit den theoretisch vorausberechneten Werten erzielt.

Die Ergebnisse können in Messgeräten und Messeinrichtungen für das magnetische Feld und dadurch für den Strom und für andere elektrische Grössen Anwendung finden.

DK 621.313.17.045.15

Aslan H. : **Die Anwendung von gedruckten Schaltungen für Wicklungen elektrischer Maschinen.**

Electrotehnica **8** (1960) 5, 160–162

Man behandelt die Maschinen mit gedruckten Wicklungen sowie die Methoden, die insbesondere zur Herstellung von Versuchsmodellen in Frage kommen. Die Vor- und Nachteile, sowie die erzielten Leistungen dieser Maschinen werden besprochen.

DK 621.315.623.001.6 (498)

Popescu C. u. *Tănăsescu Fl.* : **Entwurf der in der R.V.R. hergestellten Stützisolatoren.**

Electrotehnica **8** (1960) 5, 163–171

Man zeigt die Ergebnisse der vom Elektrotechnischen Forschungsinstitut unternommenen Forschungen zur Herstellung von 6, 10, 15, 35 kV-Stützisolatoren für Innenräume und von 15 kV-Freiluftisolatoren neuer Bauart, welche den Forderungen der modernen Technik entsprechen. Nach einem allgemeinen Ueberblick über die ausländische Lösung gibt man die Faktoren an, die bei der Bestimmung der Form und der Abmessungen der Isolatoren bis zu 35 kV berücksichtigt werden und dann die Bauarten, die vom ICET entworfen und von der Fabrik „Electro-Ceramica" — Turda erzeugt werden. Es handelt sich dabei um : Stützisolatoren für Innenräume mit Innenbewehrung, verkittet oder nicht, wobei die Gesamthöhe, das Gesamtgewicht, das Porzellangewicht und das Gewicht der Bewehrung kleiner sind als bei den Isolatoren mit Aussenbewehrung sowie um 15 kV — — Linienstützisolatoren in Säulenform mit normgerechten Rillen, welche den Vorteil einer bequemeren Montage der Freileitung aufweisen. Abschliessend werden die technischen und wirtschaftlichen Vorteile gezeigt, welche aus der Einführung der neuen, erzeugten Typen hervorgehen.

DK 621.317.755 : 621.317.333.82

Cleja V. : **Generator für wiederholte Stösse mit Kathodenoszillograph zum Studium des Verhaltens von Transformatoren bei Stosswellen.**

Electrotehnica **8** (1960) 5, 171–177

Die Ersatzschaltung eines Transformators für die Stosswelle unterscheidet sich wesentlich von derjerigen für die Industriefrequenz. Folglich wird die Verteilung der Potentialwerte (und damit auch die Beanspruchung der Isolation) in den verschiedenen Punkten der Wicklungen für jeden dieser Fälle verschieden sein.

Zum Studium dieser Verteilungen wurde im Institut für elektrotechnische Forschungen ein Generator für wiederholte Stösse hergestellt, welcher mit einem Kathodenoszillograph ausgestattet ist, um auf dem Bildschirm die Reflexionswelle der Transformatoren zur Stosswelle beobachten und photografieren zu können.

Der Aufsatz zeigt das Schema, den Bau und die Leistung der Einrichtung.

KURZBERICHTE

DK 621.314.224.3 : 538.213

Semlyén A. : **Die komplexe magnetische Durchlässigkeit bei schwachen Feldern bei einer gleichzeitigen kräftigen Magnetisierung mit Wechselstrom.**

Electrotehnica **8** (1960) 5, 177–180

Man behandelt das Problem einer zusätzlichen Wechselstrommagnetisierung der Eisenkerne von Transformatoren mit dem Zwecke die magnetische Durchlässigkeit zu erhöhen. Die Ergebnisse werden durch Versuche nachgeprüft.

RUNDSCHAU, 181–182

NACHRICHTEN, 182

BÜCHER, 183–184

SOMMAIRE

CD 538.632 : 621.3

Hortopan V. : **Le générateur Hall.**

Electrotehnica **8** (1960) 5, 145–154

Pendant ces dernières années viennent de paraître de nombreuses applications techniques et scientifiques de l'effet Hall, concernant la mesure des champs magnétiques et des courants électriques, la réalisations des éléments nécessaires aux machines à calculer, différentes applications dans la technique des télécommunications, etc.

Dans cet article on montre les principes de fonctionnement d'un générateur Hall, ainsi que les considérations théoriques et techniques qui sont à la base de la réalisation de ces dispositifs. On cite plusieurs possibilités d'emploi du générateur Hall dans des buts techniques et scientifiques, le générateur Hall étant souvent préféré à des dispositifs similaires, à cause de ses performances supérieures et de ses dimensions extrèmement réduites.

CD 538.632 : 621.317.331

Lupaş O. : **L'établissement expérimental de certains paramètres électriques des semiconducteurs Si et Ge.**

Electrotehnica **8** (1960) 5, 155–159

On présente les résultats de quelques expériences sur l'effet Hall et l'effet magnétorésistif, à la température de la chambre et à la température de l'azote liquide, effectués sur Ge *n* et Si *n* et *p* à l'ICET (Institut de Recherches Electrotechniques). On décrit l'appareillage expérimental utilisé et on déduit, des mesures de resistivité et de l'effet Hall, la valeur de la mobilité des porteurs en Ge et Si. On analyse la dépendance obtenue entre la constante Hall et la valeur du champ magnétique, en trouvant une bonne concordance avec les prévisions théoriques. Les résultats peuvent être appliqués aux appareils et aux dispositifs de mesure du champ magnétique, ainsi que du courant et d'autres grandeurs électriques.

CD 621.313.17.045.15

Aslan H. : **Les circuits imprimés appliqués aux bobinages des machines électriques rotatives.**

Electrotehnica **8** (1960) 5, p. 160–162

Dans cet article on décrit les machines à bobinages imprimés ainsi que les méthodes qui peuvent être utilisées surtout dans l'exécution des modèles expérimentaux. On montre les possibilités de ces machines, les performances réalisées, ainsi que leurs désavantages.

CD 621.623.001.6 (498)

Popescu C. et *Tănăsescu I.* : **Etablissement du projet des isolateurs support, fabriqués dans la République Populaire Roumaine.**

Electrotehnica **8** (1960) 5, 163–171

On présente les résultats des recherches effectuées à l'ICET (Institut de Recherches Electrotechniques), ayant comme but la réalisation d'isolateurs supports d'intérieur de 6, 10 15, 35 kV et support d'extérieur de 15 kV d'un nouveau type qui puisse répondre aux exigences de la technique moderne. Après avoir donné une vue d'ensemble sur le mode, dans lequel ces problèmes ont été résolus à l'étranger, on indique les facteurs qu'on considère pour la détermination de la forme et des dimensions des isolateurs de maximum 35 kV, en présentant ensuite les types d'isolateurs dont on a établi le projet à l'ICET et qu'on a exécuté à la fabrique „Electro-Ceramica" — Turda. Ces types sont : les isolateurs support d'intérieur à armatures intérieures avec ou sans mastic, ayant la hauteur, le poids total, le poids de la porcelaine et le poids des armatures plus petits que de ceux à armature extérieure, et l'isolateur support de ligne de 15 kV type colonne à ondules normalisées et présentant l'avantage d'un montage plus facile sur la ligne. A la fin de l'article on montre les avantages techniques et économiques qui résultent de l'introduction dans la fabrication des types nouvellement réalisés.

CD 621.317.755 : 621.317.333.82

Cleja V. : **Générateur à ondes de choc répétées, avec oscillographe cathodique, pour l'étude du comportement des transformateurs à onde de choc.**

Electrotehnica **8** (1960) 5, 171–177

Le schéma équivalent d'un transformateur pour l'onde de choc diffère essentiellement de celui pour la fréquence industrielle. En conséquence la répartition des potentiels (et donc la sollicitation de l'isolation) dans les différents points des enroulements, sera différente dans chacun de ces cas.

Dans le but d'étudier ces répartitions on a construit, à l'Institut de Recherches Electrotechniques, un générateur à ondes de choc répétées, muni d'un oscillographe cathodique, pour observer sur l'écran et pour photographier la courbe de réponse des transformateurs, à l'onde de choc.

Dans cet article on décrit le schéma, la construction et les performances de l'appareil.

NOTES

CD 621.314.224.3 : 538.213

Semlyén A. : **La perméabilité magnétique complexe aux petits champs, dans le cas d'une magnétisation concomitante intense dans un courant alternatif.**

Electrotehnica **8** (1960) 5, 177–180

On étudie le problème de la magnétisation supplémentaire dans un courant alternatif des noyaux ferro-magnétiques des transformateurs, ayant pour but l'augmentation de la perméabilité magnétique. Après cela on vérifie les résultats par des expériences.

DOCUMENTATION, 181–181
CHRONIQUE, 182
COMPTES RENDUS, 183–184

CONTENTS

DC 538.632 : 621.3

Hortopan V. : **The Hall generator.**

Electrotehnica **8** (1960) 5, 145–154

In these latter years a great many engineering and scientific applications of Hall's effect have appeared in respect of : measuring magnetic fields, electrical currents, achieving necessary parts for computing machines, various applications in telecommunications technics a.s.o.

The running principles of a Hall's generator, as well as the theoretical and technical considerations on which are based the achievement of these devices are shown in this paper. Some of the possibilites of using Hall's generator for technical and scientific purposes are instanced, Hall's generator being in many cases preferred to similar devices because of its superior performances and its extremely reduced dimensions.

DC 538.632 : 621.317.331

Lupaş O. : **The experimental establishment of certain electrical parameters of Si and Ge.**

Electrotehnica **8** (1960) 5, 155–159

The results of some Hall's effect and magneto-resistive tests at room temperature and at liquid Nitrogen temperature made on Germanium *n* and Silicon *n* and *p* at the Electrical Engineering Research Institute — ICET — are presented. The experimental apparatus used are described and from the resistivity and Hall's effect measurements, the value of Germanium and Silicon bearings mobility is derived. The dependency obtained for Hall's constant on the magnetic field value is being analyzed and a good concordance with the theoretical precalculated values is found.

The results may be applied to measuring instruments and devices of the magnetic field and thus of the current and other electrical magnitudes.

DC 621.313 17 045.15

Aslan H. : **The impressed circuits applied to windings of rotary electric machines.**

Electrotehnica **8** (1960) 5, 160–162

The paper describes the machines with impressed windings as well as the methods that can be used especially for carrying out testing models. The possibilities offered by these machines, the achieved performances and their shortcomings are shown.

DC 621.315.623.001.6 (498)

Popescu C. and *Fănăsescu Fl.* : **Projecting of the busbar supporting insulators made in Rumanian People's Republic.**

Electrotehnica **8** (1960) 5, 163–171

The results are presented of investigations made by the Research Institute ICET aiming at achieving 6, 10, 15, 35 kV internal supporting insulators of a new type, able to meet the requirements of the up-to-day technics. After a general survey on the manner in which these problems were solved abroad, the authors indicate the factors which are taken into consideration on determining the shape and the dimensions of the insulators up to 35 kV. Continuing, they present the insulators designed at the Research Institute ICET and carried out at the factory Electroceramica Turda. These types are : the internal supporting insulators with internal armouring with putty and without putty, their height, total weight, porcelain weight and weight of external armours being less than of the insulators with external armouring, and the 15 kV line supporting insulators, in form of columns with standardized grooves which are offering the advantage of being easier to set up on the line. In conclusion, the technical and economic advantages are shown, which result when the types recently achieved are putting into fabrication.

DC 621.317.755 : 621.317.333.82

Cleja V. : **Repetitive pulses generator with cathode-oscillograph for studying the behaviour of transformers in presence of impulse waves.**

Electrotehnica **8** (1960) 5, 171–177

The equivalent scheme of a transformer for the impulse wave differ substantially from the scheme for the industrial frequency. Consequently, the distribution of potentials (hence also the insulation stress) in the different points of the windings will differ for each of these cases.

For the purpose of studying these distributions, a repetitive pulses generator, equipped with a cathode-ray oscillograph was built at the Electrical Engineering Research Institute, for observing on screen and taking photos of the characteristic line of transformers at the pulse wave. In this paper the scheme, the structure and the performances of the apparatus are described.

NOTES

DC 621.314.224.3 : 538, 213

Semlyén A. : **The complex magnetic permeability at small fields in the instance of an intense concomitant magnetization in alternating current.**

Electrotehnica **8** (1960) 5, 177–180

The problem of additional magnetization in alternating current of ferromagnetic cores of transformers is investigated with a view of raising the magnetic permeability. The results obtained are hereafter verified experimentally.

DOCUMENTATION, 181–182

CHRONICLE, 182

BOOK REVIEWS, 183–184

INGINERI ŞI TEHNICIENI

Revistele tehnice de specialitate, elaborate de Asociaţia Ştiinţifică a Inginerilor şi Tehnicienilor, aduc la cunoştinţă cadrelor tehnice din producţie, învăţământ, cercetare şi proiectare, ultimele realizări obţinute în ştiinţele tehnice din ţară şi străinătate.

Apar:

AUTOMATICA ŞI ELECTRONICA
CELULOZĂ ŞI HÎRTIE
ELECTROTEHNICA
ENERGETICA
HIDROTEHNICA
INDUSTRIA LEMNULUI
INDUSTRIA TEXTILĂ
INDUSTRIA UŞOARĂ
METALURGIA ŞI CONSTRUCŢIA DE MAŞINI
PETROL ŞI GAZE
REVISTA CONSTRUCŢIILOR ŞI A MATERIALELOR DE CONSTRUCŢII
REVISTA DE CHIMIE
REVISTA INDUSTRIA ALIMENTARĂ — PRODUSE ANIMALE
REVISTA INDUSTRIA ALIMENTARĂ — PRODUSE VEGETALE
REVISTA MINELOR
REVISTA PĂDURILOR
REVISTA TRANSPORTURILOR
TELECOMUNICAŢII

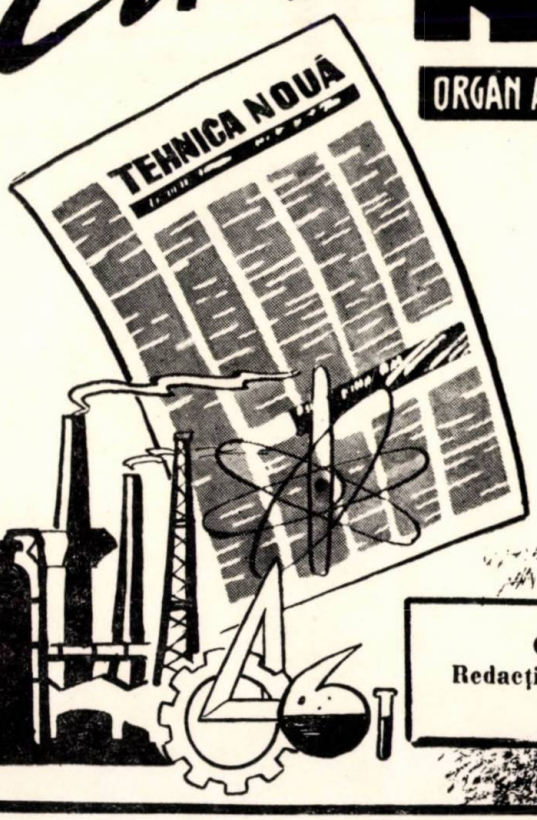
Un abonament anual pentru ingineri şi tehnicieni lei 30, pentru biblioteci, instituţii, cabinete tehnice etc. lei 100, prin cont virament nr. 070124 B.R.P.R.-Filiala I.V. Stalin.

Abonamentele se primesc la sediul Consiliului Central ASIT

Bucureşti — Calea Victoriei Nr. 118 — Raionul I. V. Stalin — Telefon 14-06-24.

Citiţi **TEHNICA NOUĂ**

ORGAN AL ASOCIAŢIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR



Vă informează

SĂPTĂMÎNAL ASUPRA ULTIMELOR REALIZĂRI TEHNICE DIN ŢARĂ ŞI STRĂINĂTATE

COSTUL UNUI ABONAMENT ANUAL: 26 LEI
Redacţia şi administraţia: Bucureşti, Calea Victoriei 118

LEI 5

E 2040

R

REFERATIVA

ELECTROTEHNICA

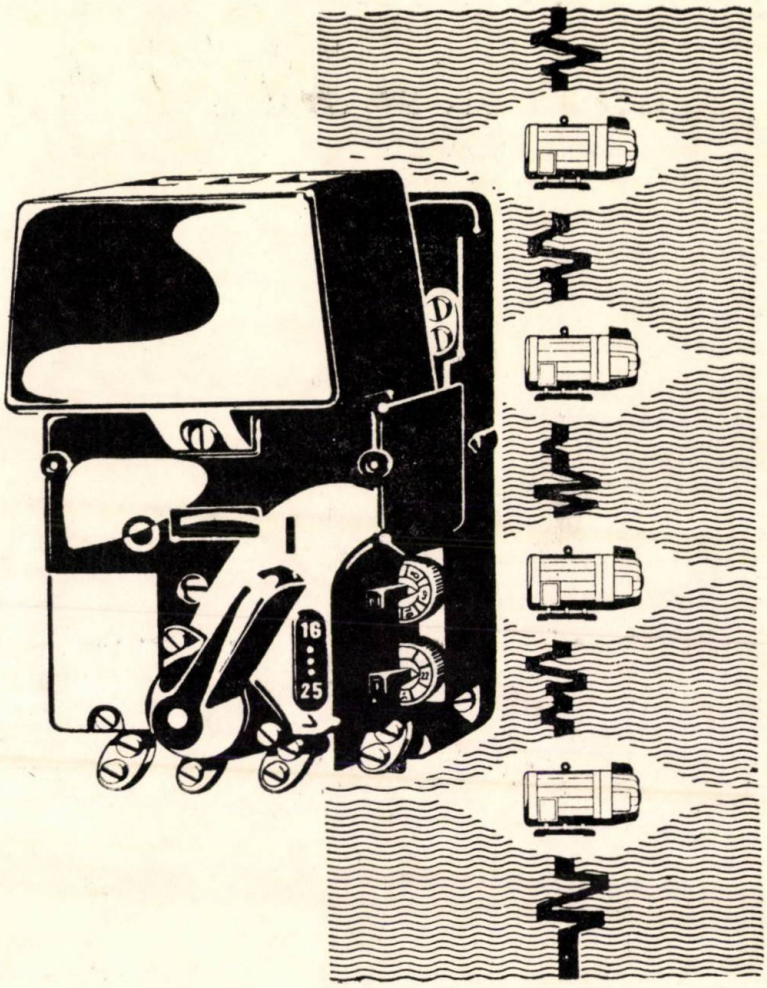
6

Electrotehnica — București ★ Anul 8 ★ nr. 6 ★ p. 185 — 224 ★ iunie 1960

Întreruptor pentru protecția motoarelor 6-25 A, 500 V

CORESPUNZĂTOARE TUTUROR EXIGENȚELOR, NOILE NOASTRE ÎNTRERUPTOARE DE PROTECȚIE A MOTOARELOR POSEDĂ PUTERI MARI DE RUPERE.

ÎNTRERUPTORUL PENTRU PROTECȚIA MOTOARELOR DE 25 A ARE IN PREZENT UN ÎNTRERUPTOR AUXILIAR, DECLANȘATOR DE SUPRACURENT ȘI POSIBILITĂȚI DE FOLOSIRE CA DECLANȘATOR DE TENSIUNE MINIMĂ, DE TENSIUNE NULĂ SAU DE SUPRACURENT.



Informații la:

AMBASADA REPUBLICII DEMOCRATE GERMANE ÎN REPUBLICA POPULARĂ ROMÎNĂ,
SECȚIA COMERCIALĂ, BUCUREȘTI, CALEA DOROBANȚILOR Nr. 14

EXPORTATOR:

DEUTSCHER INNEN- UND AUSSENHANDEL ELEKTROTEHNIK — BERLIN C 2, LIEBKNECHTSTRASSE 14

VEB Elektroschaltgeräte Görlitz

GÖRLITZ 6, RECHENBACHERSTRASSE 53—55

DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK

ELECTROTEHNICA

Anul 8 nr. 6 iunie 1960

CUPRINS

*** **Dezvoltarea sectorului electrotehnic şi electroenergetic în lumina proiectului de Directive ale Congresului al III-lea al P.M.R.**
Electrotehnica 8 (1960) 6, 185–187

CZ 621.313.32.017.5

Tănăsescu Fl. : **Instalaţie pentru determinarea scurtcircuitului la bobinele maşinilor electrice de înaltă tensiune**
Electrotehnica 8 (1960) 6, 188–193

Detectarea unui scurtcircuit între spirele bobinelor maşinilor electrice de înaltă tensiune înainte de montarea acestora , oferă un mare avantaj prin aceea că se evită depistarea defectului atunci cînd maşina se găseşte în stadiul final, pe platforma de încercare. După ce indică stadiul actual în literatura străină, autorul arată principiile de calcul care au stat la baza unei instalaţii realizată la ICET.

Detectarea unui scurtcircuit se face prin inducerea unor impulsuri de înaltă frecvenţă şi amplitudine mare în bobina de încercare. Identificarea unui scurtcircuit în bobină se face cu ajutorul unui detector de scurtcircuit. În urma experimentărilor făcute de autor s-a stabilit o metodă a încercărilor.

CZ 621.315.615.2(498) : 621.319.4

Bercu A. : **Caracteristicile dielectrice ale uleiului romînesc de condensator**
Electrotehnica 8 (1960) 6, 193–199

Se prezintă tehnologia de fabricaţie a uleiului romînesc de condensator. În scopul determinării influenţei fiecărei faze de tratare asupra proprietăţilor fizico-chimice ale uleiului se studiază caracteristicile dielectrice : ε,ρ şi tgδ, în funcţie de temperatură şi diferite valori ale intensităţii cîmpului electric de lucru. Se studiază apoi electrozii folosiţi la măsurarea caracteristicilor dielectrice ale izolanţilor lichizi şi se prezintă tipul folosit în lucrare. Este de menţionat că atît materia primă, uleiul de transformator 2004 cît şi materialele de tratare sînt fabricate în ţara noastră, dînd astfel un caracter de economicitate realizării uleiului romînesc de condensator.

CZ 621.352.32.001.5

Barosu M., Enăchescu C., Melehova E. : **Contribuţie la modernizarea elementului galvanic tip Zn-MnO_2**
Electrotehnica 8 (1960) 6, 199–209

Se prezintă o sumară privire generală asupra preocupărilor pentru modernizarea construcţiei şi fabricaţiei elementelor galvanice de mare serie. Se descrie o construcţie modernă de element plat, destinat bateriilor de iluminat şi bateriilor anodice realizată la ICET şi se indică un proces tehnologic simplificat care se experimentează în faza pilot în fabrica Electro-Banat. Se dau apoi caracteristicile electrice ale acestui tip de element în comparaţie cu ale elementului fabricat în prezent şi avantajele tehnico-economice deosebit de importante care decurg din introducerea lui în fabricaţia industrială de mare serie.

CZ 621.318.22 : 621.785.3 FeBa

Ivaşcu V., Rozemberg M., Tanah V., Cârlan L. : **Magneţi permanenţi anizotropi pe bază de ferită de bariu**
Electrotehnica 8 (1960) 6, 210–214

Se prezintă aspecte asupra dezvoltării fabricaţiei şi performanţelor magneţilor permanenţi oxidici. După consideraţii de ordin teoretic, sînt prezentate lucrările de cercetare executate la ICET în vederea stabilirii parametrilor procesului tehnologic al obţinerii magneţilor permanenţi anizotropi pe bază de ferită de bariu. Se urmăreşte influenţa condiţiilor de orientare şi presare în cîmp magnetic cum şi a tratamentului termic final asupra performanţelor magnetice al produsului finit. Lucrările de cercetare au constituit baza tehnologiei de fabricaţie a magneţilor anizotropi de tip „Ferroxdur III".

DOCUMENTARE, 215–218
RECENZII, 219–221
CRONICĂ, 222–224

CONTENTS

*** **The development of the electrical engineering and electrical economy sector, considered in the light of the directive lines draft of the 3d Congress of the Rumanian Workers' Party**

Electrotehnica **8** (1960) 6, 185–187

DC 621.313.32.017.5

Tănăsescu Fl.: **Device for detecting short-circuits in H. V. machine windings.**

Electrotehnica **8** (1960) 6, 188–193

Detecting short-circuits in H. V. machine windings before assembling is advantageous, difficult investigations for winding failures being eluded during tests of final stage machines on the testing-stand. After discussing today solutions found in the foreign literature, the author explains the principles of a new device, manufactured at the Electrotchnical Research-Institute (ICET). For testing windings, high frequency and high amplitude surge currents are used. Localizing winding failures is made possible by using a short-circuit detector device. Based on the experiments a testing method was developed.

DC 621.315.615.2(498) : 621.319.4

Bercu A.: **The dielectric characteristics of the Rumanian condensor oil.**

Electrotehnica **8** (1960) 6, 193–199

The fabrication technology of the Rumanian condensor oil is presented. With a view to determining the influence of each phase of the treating process, the physical and chemical properties of the oil, the dielectric characteristics ε, ρ and tg δ, as a function of temperature and of various values of the electric field strength are investigated. Thereupon, the electrodes used to measuring the dielectric characteristics of the liquid insulants are investigated and the type utilized is presented. It is to be noticed that both the raw material, the transformer oil 2004, and the materials for the treatment are made in our country, giving a character of economic efficiency to the achievement of the Rumanian condensor oil.

DC 621.352.32.001.5

Barosu M., Enăchescu C., Melehova E.: **A contribution to the modernization of the galvanic element of Zn-MnO_2 type.**

Electrotehnica **8** (1960) 6, 199–209

A concise general survey is given on the preoccupations concerning construction and large series manufacture of galvanic elements. A modern construction of a flat element is described, designed to pocket lighting batteries and to anodic batteries, achieved at the Research Institute ICET and a simplified technological process is indicated which is to be experimented, in the pilot phase at the factory Electro-Banat. Thereafter the electrical characteristics of this type of element is presented in comparison with those of the element manufactured today. The particularly important technical and economic advantages deriving from its introduction in large series industrial fabrication — are shown as well.

DC 621.318.22 : 621.785.3 FeBa

Ivaşcu V., Rozemberg M., Tanah V., Cirlan L.: **Anisotropic permanent magnets out of barium ferrite.**

Electrotehnica **8** (1960) 6, 210–214

Aspects about the fabrication and performances of the oxidic permanent magnets are presented. After some theoretical considerations, the research work, carried out at the Electrical Engineering Research Institute ICET with a view of determining the parameters of the technological process for obtaining anisotropic permanent magnets on barium-ferrite basis — is described. The influence of the orientation and pressure conditions in the magnetic field, as well as of the final thermal treatment, on the magnetic performances of the finished produce — is followed.

The research work has constituted the basis of the manufacturing technology of anisotropic magnets of „Feroxdur III" type.

DOCUMENTATION, 215–218
BOOK REVIEWS, 219–221
CHRONICLE, 222—224

СОДЕРЖАНИЕ

* * * **Развитие электротехнического и электроэнергетического сектора в свете проекта директив III Съезда РРП**
Electrotehnica **8** (1960) 6, 185–187

ДК 621.313.32.017.5

Tănăsescu Fl.: **Установки для выявления короткого замыкания в катушках машин высокого напряжения**
Electrotehnica **8** (1960) 6, 185–187

Обнаружение короткого замыкания между витками электрических катушек высокого напряжения до их установки в машину представляет большое преимущество, так как исключает необходимость выявления неполадки в конечной стадии, когда машина находится на испытательном стенде. После описания нынешнего положения вопроса по зарубежным литературным данным автор приводит закономерности расчета положенные в основу установки сконструированной ИЧЕТ.

Выявление короткого замыкания осуществляется введением высокочастотных импульсов большой частоты в испытуемую катушку. Обнаружение короткого замыкания в катушке достигается при помощи соответствующего детектора. В результате проведенных автором экспериментов разработана методика испытаний

ДК 621.315.615.2(498) : 621.319.4

Bercu A.: **Диэлектрическая характеристика румынского конденсаторного масла**
Electrotehnica **8** (1960) 6, 193–199

Освещена технология производства румынского конденсаторного масла. С целью определения влияния отдельных этапов обработки на физико-химические свойства масла исследуются диэлектрические характеристики ε, ρ и $\operatorname{tg}\delta$ в зависимости от температуры и различных значений напряженности рабочего электрического поля.

Далее рассматриваются электроды используемые для измерения диэлектрических характеристик жидких изолирующих материалов и описывается примененный в работе тип.

Отмечается что как сырье—трансформаторное масло 2004, так и материалы для обработки производятся в стране, благодаря чему выпуск румынского трансформаторного масла отличается экономичностью.

ДК 621.352.32.001.5

Barosu M., Enăchescu C., Melehova E.: **К вопросу модернизирования гальванического элемента типа Zn-MnO_2.**
Electrotehnica **8** (1960) 6, 199–209

Представлен общий обзор работ по усовершенствованию конструкции и производства крупносерийных гальванических элементов. Описана новейшая конструкция плоского элемента для осветительных и анодных батарей, разработанная ИЧЕТ и представлен упрощенный технологический процесс, находящийся в стадии полупромышленного испытания на фабрике Электробанат.

Показана электрическая характеристика данного типа элемента по сравнению с выпускаемыми ныне элементами и отмечены весьма важные технико-экономические преимущества его крупносерийного производства.

ДК 621.318.22 : 621.785.3 FeBa

Ivaşcu V., Rozemberg M., Tanah V., Cîrlan L.: **Анизотропные постоянные магниты из феррита бария**
Electrotehnica **8** (1960) 6, 210–214

Дается очерк развития производства и отмечаются достижения в области выпуска окисловых постоянных магнитов. После ряда теоретических соображений освещены проводимые ИЧЕТ работы по определению параметров технологического процесса изготовления анизотропных постоянных магнитов на основе феррита бария. Исследуется влияние условий ориентирования и прессования в магнитном поле, а также заключительной термообработки на магнитные свойства готового изделия.

ДОКУМЕНТАЦИЯ, 215—218
РЕЦЕНЗИИ, 219–221
ХРОНИКА, 222—224

SOMMAIRE

*** **Le développement du secteur électrotechnique et électroénergétique considéré sous le jour du projet des directives du 3e Congrès du Parti Ouvrier Roumain**
Electrotehnica **9** (1960) 6, 185–187

CD 621.313.32.017.5

Tănăsescu Fl : **Installation pour la détermination des courts-circuits dans les enroulements des machines à haute tension.**
Electrotehnica **8** (1960) 6, 188–193

La détection d'un court-circuit entre les spires des bobines des machines électriques à haute tension avant le montage a le grand avantage d'éviter les opérations de dépistage des défauts pour les unités déjà montées sur la plate-forme d'essais. Après une revue des solutions actuelles indiquées dans la littérature étrangère, l'auteur expose les principes du calcul d'une installation réalisée dans l'Institut de Recherches Electrotechniques. L'essai se fait par l'induction des courants de choc à grande amplitude et haute fréquence dans les bobines, et par la localisation des défauts par un détecteur de courts-circuits.

Les expérimentations faites par l'auteur ont permis de fixer une méthode d'essai.

CD 621.315.615.2(498) : 621.319.4

Bercu A. : **Les caractéristiques diélectriques de l'huile roumaine de condensateur.**
Electrotehnica **8** (1960) 6, 193–199

On présente la technologie de la fabrication de l'huile roumaine de condensateur. Pour déterminer l'influence de chaque phase de traitement sur les propriétés physico-chimiques de l'huile, on étudie les caractéristiques diélectriques : ε, ρ et tg δ, en fonction de la température et de différentes valeurs de l'intensité du champ électrique.

Après cela on étudie les électrodes utilisés pour mesurer les caractéristiques diélectriques des isolants liquides et on présente le type utilisé.

Il faut mentionner qu'autant la matière première, l'huile de transformateur 2004, ainsi que les matériaux de traitement, sont fabriqués dans notre pays, donnant ainsi un caractère d'économie à la réalisation de l'huile roumaine de condensateur.

CD 621.352.32.001.5

Barosu M., Enăchescu C., Melehova E. : **Contribution à la modernisation de l'élément galvanique type Zn-MnO_2.**
Electrotehnica **8** (1960) 6, 199–209

On présente un bref coup d'oeil général sur les préoccupations pour moderniser la construction et la fabrication des éléments galvaniques de grande série. On décrit une construction moderne d'élément plat, destiné aux batteries d'éclairage et aux batteries anodiques, réalisée à l'Institut des recherches électrotechniques (ICET) et l'on indique un processus technologique simplifié qu'on expérimente dans la phase pilote dans la fabrique „Electro-Banat".

Après cela on présente les caractéristiques électriques de ce type d'élément, en comparaison avec celles de l'élément fabriqué actuellement et les avantages technico-économiques extrêmement importants, qui résultent de son introduction dans la fabrication industrielle en grande série.

CD 621.318.22 : 621.785.3 FeBa

Ivaşcu V., Rosemberg M., Tanah V., Cîrlan L. :
Aimants permanents anisotropes de ferrite de barium.
Electrotehnica **8** (1960) 6, 210—214

On présente des aspects de la fabrication et les performances des aimants permanents oxidiques. Après des considérations d'ordre théorique, on présente les travaux de recherches exécutés à l'Institut des recherches électrotehniques (ICET) pour établir les paramètres du processus technologique pour obtenir les aimants permanents anisotropes à base de ferrite de barium. On examine l'influence des conditions d'orientation et de pressage dans le champ magnétique, ainsi que du traitement thermique final, sur les performances magnétiques du produit fini.

Les travaux des recherches ont constitués la base technologique de la fabrication des aimants anisotropes du type „Feroxdur III".

DOCUMENTATION, 215–218
COMPTES-RENDUS, 219–221
CHRONIQUE, 222–224

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.
ȘI AL MINISTERULUI INDUSTRIEI GRELE

Anul 8 nr. 6 București, iunie 1960

Dezvoltarea sectorului electrotehnic și electroenergetic în lumina proiectului de Directive ale Congresului al III-lea al P.M.R.

Proiectul Directivelor Congresului al III-lea al P.M.R. pentru planul de dezvoltare a economiei naționale pe anii 1960—1965 și pentru programul economic de perspectivă aprobat în plenara C.C. al P.M.R. din 17 — 18 mai 1960 a fost întîmpinat cu entuziasm, cu mîndrie și bucurie de muncitorii, inginerii și tehnicienii din sectorul electrotehnic și electroenergetic.

Proiectul de Directive reprezintă un înălțător program de muncă și de luptă pe care Partidul Muncitoresc Romîn îl pune în fața oamenilor muncii în vederea desăvîrșirii construcției socialismului în Republica Populară Romînă. Acest document de importanță istorică oglindește pe de o parte victoriile repurtate de oamenii muncii, sub conducerea partidului, pe de altă parte zugrăvește un tablou luminos al dezvoltării viitoare a economiei noastre naționale, spre trepte din ce în ce mai înalte, menite a asigura bunăstarea celor ce muncesc.

În perioada care a trecut de la al II-lea Congres al P.M.R., clasa muncitoare a obținut succese de o însemnătate istorică în construcția socialismului. Creșterea continuă a forțelor de producție, consolidarea relațiilor de producție socialiste, dezvoltarea armonioasă a economiei naționale au permis ridicarea considerabilă a nivelului de trai material și cultural al poporului muncitor. Masele oamenilor muncii desfășoară sub conducerea partidului o muncă organizată și armonios orientată pentru ridicarea continuă a economiei naționale.

În anul 1959 producția globală industrială a depășit cu 65% producția din 1955, îndeplinindu-se cu succes sarcina trasată de Congresul al II-lea al P.M.R. Prevederile planului de electrificare elaborat de partid pentru etapa 1951—1960 au fost îndeplinite cu aproape un an mai devreme, ceea ce reprezintă un mare succes al oamenilor muncii.

Toate aceste succese dovedesc că singura cale pentru făurirea orînduirii socialiste o constituie industrializarea socialistă, dezvoltarea cu precădere a industriei grele și îndeosebi a industriei constructoare de mașini, transformarea socialistă a agriculturii și revoluția culturală.

Directivele oglindesc nu numai victoriile răsunătoare și forța creatoare a milioanelor de oameni constructori ai noii orînduiri, dar demonstrează posibilitățile extraordinare de progres și dezvoltarea rapidă a forțelor de producție, creșterea nemaiîntîlnită a economiei naționale.

Chiar de la prima examinare a cifrelor care caracterizează dezvoltarea viitoare a industriei și economiei noastre se putea constata că ritmul realizărilor viitoare întrece cu mult chiar și previziunile ce se considerau temerare. Fiecare muncitor, tehnician și inginer își dă acum seama că stăm în fața unor progrese uriașe, a unor sarcini de cea mai mare importanță.

Dezbaterile Directivelor în colectivele del ucru și la întrunirile convocate de organizațiile de partid pe secții, instituții și întreprinderi au arătat marele interes al maselor de oameni ai muncii pentru obiectivele prevăzute în voința nezdruncinată de a contribui din răsputeri la realizarea și depășirea lor.

Colectivelor din sectorul electrotehnic și electroenergetic le revin sarcini de cea mai mare importanță, care se vor reflecta în întreaga activitate viitoare tehnico-științifică, tehnico-economică, tehnologică și organizatorică.

În cele ce urmează se vor analiza prevederile Directivelor în raport cu aceste sarcini și cu activitatea cadrelor de ingineri și tehnicieni din industria electrotehnică și electroenergetică.

1. Directivele precizează că „sarcina fundamentală a planului economic pe perioada de șase ani, 1960—1965, este dezvoltarea bazei tehnico-materiale a socialismului, creșterea rapidă

a forțelor de producție în vederea desăvîrșirii construcției socialiste în Republica Populară Romînă". Se prevede „dezvoltarea cu prioritate a industriei grele cu pivotul ei, industria constructoare de mașini, care să asigure creșterea în ritm susținut a tuturor ramurilor economiei naționale. Ritmul de dezvoltare general reiese din precizarea că „valoarea producției globale industriale va fi în anul 1965 de aproximativ de 2,1 ori mai mare decît în 1959, corespunzînd

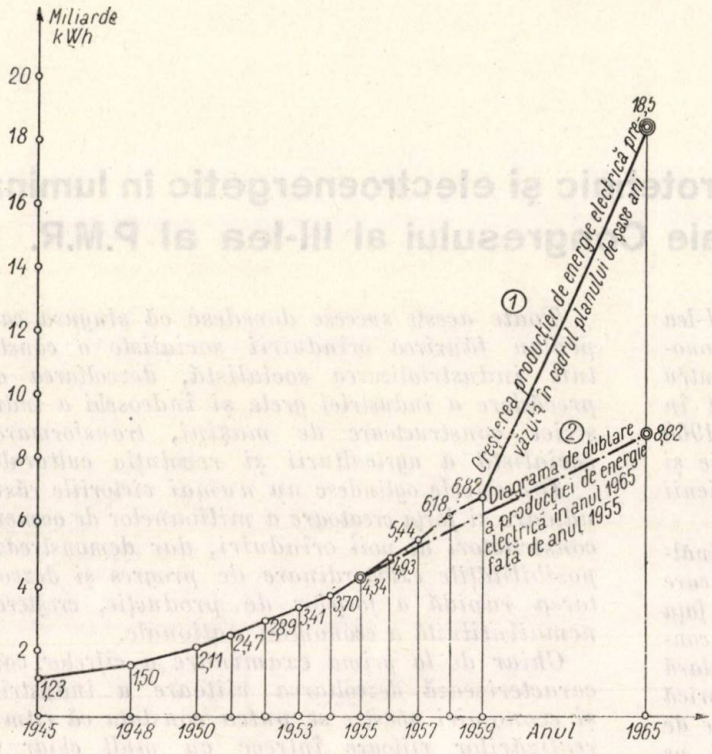


Fig. 1

unui ritm mediu anual de creștere de circa 13%". „Producția de energie activă va crește într-un ritm mai rapid, decît ansamblul industriei, astfel încît să satisfacă necesitățile tuturor ramurilor economiei, să asigure introducerea și dezvoltarea tehnicii noi, prin electrificarea, mecanizarea și automatizarea proceselor de producție".

Față de ritmul de dezvoltare considerat normal al creșterii producției de energie electrică, anume dublarea în zece ani, în proiectul de Directive se prevede că „în 1965 producția de energie electrică va fi de circa 18,5 miliarde kWh, de 2,7 ori mai mare decît în 1959" (Fig. 1). Un calcul simplu arată că acest ritm corespunde la dublarea producției de energie electrică în numai 4 ani și 3 luni, un ritm ce nici nu se poate închipui în condițiile orînduirii capitaliste și care va ului de-a dreptul pe specialiștii din acele țări. Această creștere cu totul excepțională a producției de energie implică bineînțeles o dezvoltare corespunzătoare a instalațiilor și echipamentului electric din centrale, rețele, stații, din întreprinderi și gospodării. Directivele prevăd că „puterea nouă ce se va instala în centralele electrice în perioada 1960—1965 va fi de 2 380 MW, și anume 540 MW prin amplificarea unor centrale existente (Borzești, Paroșeni, Grozăvești ș.a.) și 1 840 MW în centrale noi (Bicaz, Ploiești, Ludus, Craiova, Oradea, Tg. Mureș, Iași ș.a.)". Și mai departe: „Corespunzător creșterii puterii instalate în centralele electrice, se va dezvolta sistemul electroenergetic național prin extinderea rețelelor de transport și de distribuție. Se vor construi pînă în 1965 peste 23 000 km linii electrice de transport, din care circa 750 km linii electrice de transport de tensiune foarte înaltă, circa 2 500 km linii de 110 kV și peste 20 000 km linii de 6 kV, de 15 kV și 35 kV; prin acestea din urmă, peste 50% în cadrul acțiunii de electrificare pentru nevoile agriculturii".

Iată obiectivele către care trebuie să se îndrepte producția în industria electrotehnică, care împreună cu întreaga industrie constructoare de mașini va trebui să asigure livrarea la timp a materialelor, mașinilor și echipamentului necesar tuturor acestor instalații. Într-adevăr în concordanță cu aceste măreție obiective, proiectul de Directive prevede că: „Producția industriei construcțiilor de mașini va crește în anul 1965 de 2,2 ori față de 1959 cu un ritm mediu anual de peste 14% față de circa 13% pe ansamblul industriei".

În fine, direct pentru ramura industrială care ne interesează „Producția industriei electrotehnice va ajunge în 1965 la un nivel de circa 2,5 ori mai mare decît în 1959 corespunzător cerințelor de electrificare în continuare a industriei și a celorlalte ramuri ale economiei naționale, cum și pentru acoperirea cerințelor crescînde de aparate electrotehnice de uz casnic (Fig. 2).

Se va lărgi gama de electromotoare de curent continuu pentru tracțiune și se vor însuși noi tipuri de motoare.

Se va lărgi sortimentul aparatajului de înaltă și joasă tensiune și al instrumentelor de măsurat, îmbunătățindu-se totodată calitatea lor: se va acorda o atenție deosebită producției de elemente de automatizare. Se va construi o fabrică de piese radio și semiconductoare. Se va însuși producția de elemente cu semiconductoare și se vor produce noi tipuri de aparate de radio, aparate de televiziune, echipamente electrotehnice industriale etc.; se va dezvolta producția de echipament telefonic.

Producția de conductoare și cabluri electrice va crește în 1965 de peste 2,5 ori față de 1959, din care producția de cabluri de forță de circa patru ori.

Producția de bunuri metalice și electrotehnice de larg consum va fi în 1965 de circa trei ori mai mare decît în 1959".

Acestea sînt obiectivele principale care privesc industria electrotehnică și electroenergetică în general. Acum este oportun a se analiza ce prevăd Directivele privitor la mijloacele și metodele ce urmează a se utiliza în vederea realizării acestor obiective.

Baza solidă care asigură acest ritm nemaipomenit de creștere a producției industriale

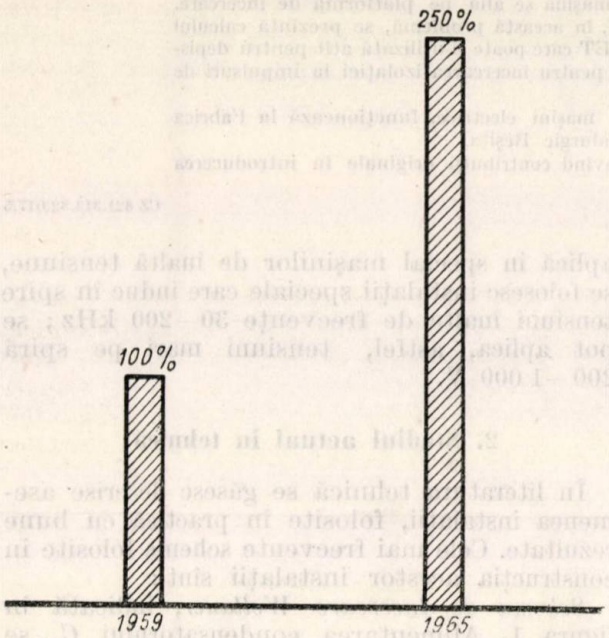


Fig. 2

reprezintă progresul tehnicii și al cercetărilor științifice. În acest sens proiectul de Directive precizează:

„O condiție principală pentru îndeplinirea cu succes a planului economic pe anii 1960—1965 este introducerea tehnicii celei mai noi în toate ramurile economiei naționale. Se va acorda o deosebită atenție mecanizării și automatizării complexe a producției, proceselor tehnologice avansate, specializării și cooperării în industrie, introducerii în producție a realizărilor științei și tehnicii moderne".

Mai departe, „cercetarea științifică este chemată să dea o contribuție importantă la introducerea tehnicii noi și la soluționarea problemelor tehnico-economice pe care le ridică dezvoltarea economiei naționale".

În domeniul științelor tehnice, se specifică în proiect că institutele de cercetări vor continua și încheia cercetările pentru modernizarea proceselor tehnologice, perfecționarea mașinilor fabricate în țară, introducerea și extinderea automatizărilor industriale.

Industria construcțiilor de mașini se va dota cu mașini automate cu operații multiple (cu program), mașini de copiat electronice, linii automate și semiautomate pentru fabricarea de elemente tipizate de mașini și piese de mare serie.

„Se vor introduce mașini electronice de calcul și alte sisteme de programare electronică, pentru automatizarea complexă a unor procese de producție și a unor lucrări de calcule economice și statistice".

Proiectul trasează astfel sarcini concrete institutelor de cercetări științifice, dar prevede și întărirea sectorului „de studii, cercetări și proiectări al industriei constructoare de mașini în unități centrale și mai ales în întreprinderi".

Metoda tehnico-economică cea mai sigură pentru mărirea producției materiale rămîne creșterea productivității muncii, îmbunătățirea continuă a calității produselor și reducerea prețului de cost. Proiectul de Directive prevede în acest sens că „în următorii șase ani productivitatea muncii pe salariat, pe ansamblul industriei va crește cu circa 60—65%, ca urmare a introducerii tehnicii noi, folosirii mai bune a tehnicii existente, adîncirii specializării producției și lărgirii cooperării întreprinderilor, extinderii pe scară largă a metodelor de muncă avansate și ridicării calificării cadrelor, îmbunătățirii continue a organizării muncii și ridicării pe o treaptă mai înaltă a întrecerii socialiste".

Iată ce multilaterale și cuprinzătoare sînt Directivele, ce enorm este domeniul la care se extind, cît de bine sînt armonizate diferitele sectoare de activitate pentru atingerea scopului final, ridicarea bunei stări a marilor mase a celor ce muncesc.

Este de datoria colectivelor din institutele de cercetări și proiectări din întreprinderile productive și din exploatări să discute și să adîncească Directivele, să stabilească ce sarcini le revin în particular, cum și în ce termene trebuie să aducă la îndeplinire sarcinile existente pentru a se putea dedica cu toate forțele obiectivelor noi, care în cei șase ani ce urmează marchează etapa hotărîtoare în opera de desăvîrșire a construirii socialismului.

Paginile revistei noastre vor fi cu precădere deschise pentru contribuțiile tehnicienilor și inginerilor îndreptate spre realizarea obiectivelor măreț prevăzute în Directive.

Începînd de la apariția acestor Directive, fiecare muncitor tehnician și inginer din industria electrotehnică și electroenergetică trebuie să-și consacre toată priceperea și toată puterea de muncă spre a contribui din răsputeri la realizarea acestui măreț țel, spre binele poporului și patriei noastre scumpe, Republica Populară Romînă.

Instalație pentru determinarea scurtcircuitului la bobinele mașinilor electrice de înaltă tensiune

Florin Tănăsescu* – București

Detectarea, unor eventuale scurtcircuite între spirele bobinelor mașinilor electrice de înaltă tensiune într-o anumită fază a procesului tehnologic, este necesară deoarece prin aceasta se evită depistarea defectului abia atunci cînd mașina se află pe platforma de încercare. După ce se arată stadiul actual în literatura străină, în această problemă, se prezintă calculul și realizarea unei instalații construită de autor la ICET care poate fi utilizată atît pentru depistarea unor scurtcircuite existente în bobine, cît și pentru încercarea izolației la impulsuri de tensiune cu front abrupt.

Această instalație, destinată fabricilor de mașini electrice, funcționează la Fabrica de mașini electrice din cadrul Combinatului metalurgic Reșița.

Articolul constituie o lucrare de sinteză, avînd contribuții originale în introducerea unor soluții aplicate în străinătate.

CZ 621.313.32.017.5

1. Generalități

Producția de mașini electrice de înaltă tensiune, ca și necesitatea asigurării bunei lor funcționări în exploatare, cere ca fabricile producătoare să efectueze o serie de încercări riguroase, pentru ca un eventual defect să poată fi descoperit încă pe platforma de încercare. Printre încercările care se efectuează, un loc important îl ocupă cele privind izolația mașinii (atît față de masă, cît și între spirele aceluiași bobinaj). Încercarea izolației mașinii față de masă a fost mult studiată, iar rezultatul acestor studii a fost stabilirea unor metodici de încercare și de valori pentru tensiuni și timpi de încercare [1].

Încercările izolației dintre spire, pentru determinarea unui eventual scurtcircuit, se pot face cu bobinele montate pe mașină sau pe bobine, înainte de montarea lor. Primul caz se întîlnește mai ales la mașinile de mică putere și tensiune joasă, iar literatura tehnică dă suficiente exemple de instalații de încercare [2], [3], [4], [5], [6]. Este de remarcat că acestea determină doar un scurtcircuit net, fără a folosi tensiuni pe spiră suficient de mari, deoarece aplicarea unei tensiuni mari la capetele bobinei care prezintă o mică rezistență ar duce la deteriorarea ei. Pentru a obține tensiuni pe spiră mai mari (50—75 V), chiar pentru mașinile electrice mici, se folosesc tensiuni de frecvență 50—1 000 Hz. Curentul care se stabilește în circuitul bobinei încercate este determinat de tensiunea de încercare U_i și de impedanța circuitului Z:

$$I = \frac{U_i}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} .$$

Cum rezistența este foarte mică, curentul depinde de frecvență, fiind cu atît mai limitat, cu cît folosim o frecvență mai mare.

Pentru încercările secțiilor de bobină înainte de montarea lor în mașină, încercări care se aplică în special mașinilor de înaltă tensiune, se folosesc instalații speciale care induc în spire tensiuni înalte de frecvențe 30—200 kHz; se pot aplica, astfel, tensiuni mari pe spiră 200—1 000 V.

2. Stadiul actual în tehnică

În literatura tehnică se găsesc descrise asemenea instalații, folosite în practică cu bune rezultate. Cele mai frecvente scheme folosite în construcția acestor instalații sînt:

Schema de încercare Wellauer, indicată în figura 1. Alimentarea condensatorului C_1 se face în curent continuu de la transformatorul de înaltă tensiune T și redresorul R. Reglînd rezistența R_a, se obține regimul de funcționare dorit. Circuitul rezonant C_1B_1 se cuplează inductiv cu circuitul B_2C_2. Dacă există spire scurtcircuitate, tensiunea de la bornele condensatorului C_2 scade, iar lampa L nu mai luminează [7].

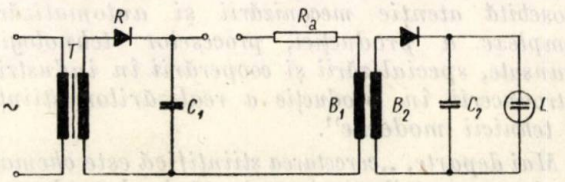


Fig. 1. Schema Wellauer:
B_2 – bobină de încercat; B_1 – inductanță; L – lampă luminiscentă; T – transformator de înaltă tensiune; R – redresor; R_a – rezistență amortizoare; C_1, C_2 – capacități.

Schema de încercare Mierich, indicată în figura 2, este folosită în R.D.G. [8]. Transformatorul de înaltă tensiune T încarcă bateria de condensatoare C, montată în paralel. Eclatorul sincron E descarcă bateria pe bobina de încercare B_i la fiecare maxim de tensiune sub forma unor oscilații puternic amortizate cu o frecvență de 120—200 kHz. Frecvența de rezonanță depinde de inductanța bobinei de încercare, care formează cu C un circuit oscilant. La această frecvență, corespunzătoare unui

* Ing. *Florin Tănăsescu* este cercetător la secția de curenți tari ICET.

anumit tip de bobină, trebuie acordat și circuitul de măsură; la apariția unui scurtcircuit, circuitul secundar nu mai este acordat. Din cauza atenuării din circuit, indicațiile voltmetrului electronic scad și pun în evidență defectul.

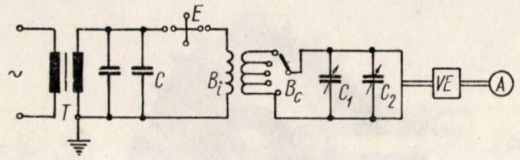


Fig. 2. Schema Mierich:

T — transformator de înaltă tensiune; C — baterie de condensatoare; E — eclator rotativ; B_i — bobina de încercare; B_c — bobina de cuplare (măsură); C_1 — condensator variabil treapta brută; C_2 — condensator variabil treapta fină; VE — voltmetru electronic; A — microampermetru pentru determinarea scurtcircuitului.

Schema de încercare Lebedev-Timofenko [9], folosită în uzinele din U.R.S.S., este prezentată în figura 3. Această schemă diferă de cea propusă de Smirnov [2] și folosită în fabricile de mașini prin modul de alimentare a condensatoarelor, care nu se mai face la tensiunea de 50 Hz, ci la o tensiune redresată. De asemenea, impulsurile nu sînt date de un dispozitiv sincron, ci comandate prin kenotroane. Se aplică o serie de impulsuri și se observă lampa cu neon. Dacă izolația este bună, lampa nu se aprinde; în caz contrar, va arde cu o flacără roșu-violet.

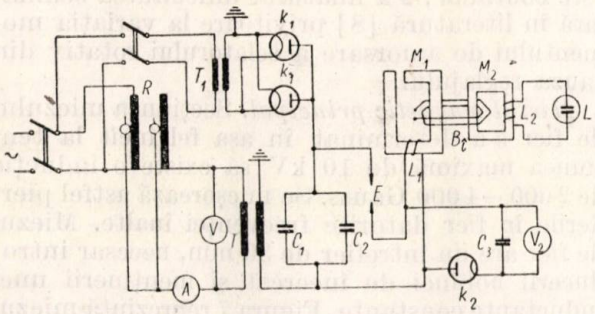


Fig. 3. Schema instalației pentru încercarea izolației între spire la generatoare de înaltă tensiune:

R — regulator; T — transformator de încercare; T_1 — transformator de filament; L_1 — bobină de inducție; C_3 — condensator de blocaj; L — lampă neon; E — interval de străpungere; C_1, C_2 — condensatoare; M_1 — miez magnetic; M_2 — miez auxiliar; K_1, K_2 — kenotroane; B_i — bobină de încercare; L_2 — bobină auxiliară; V_1, V_2 — voltmetre.

3. Soluția adoptată

Întrucît prezintă o serie de avantaje, atît la manipularea instalației, cît și la identificarea defectelor de izolație, s-a ales o schemă folosită în fabricile de mașini electrice din U.R.S.S. [2], căreia i s-au adus modificări care simplifică funcționarea, și anume:

— eclatorului rotativ, care face descărcarea condensatorului pe inductanța miezului magnetic principal, i s-a suprimat un spațiu disruptiv, totuși acesta efectuează 100 ruperi pe minut;

— măsura tensiunii induse în bobină se face cu ajutorul unei bobine auxiliare, care — închisă pe un voltmetru de vîrf — indică chiar tensiunea în V/spiră. În figura 4 este prezentată schema de principiu a instalației. Transformatorul regulator de tensiune R alimentează transformatorul de înaltă tensiune T, care încarcă bateria de condensatoare C, montată în paralel cu transformatorul. Sistemul de eclatoare E, acționat de un motor sincronizat, descarcă condensatoarele la fiecare maxim al tensiunii pe bobina P. În circuitul CP au loc oscilații puternic amortizate. Aceste impulsuri se repetă periodic la fiecare maxim al tensiunii. În bobina de încercare B_i, care îmbrățișează atît miezul magnetic principal, cît și pe cel auxiliar MA, se induce o tensiune de aceeași frecvență înaltă.

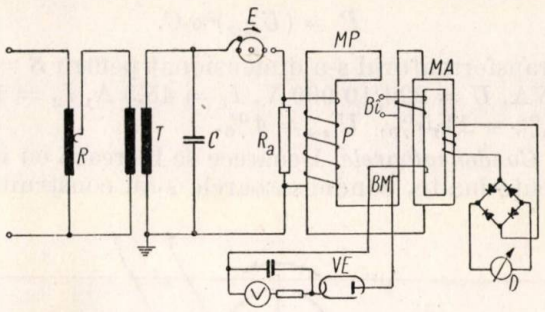


Fig. 4. Schema principală a instalației realizate în institut.

R — regulator de tensiune; T — transformator de înaltă tensiune; C — baterie condensatoare; R_a — rezistență de amortizare; E — eclatoare rotative; MP — miez magnetic principal; MA — miez magnetic auxiliar; BM — bobină de măsură; Bi — bobină de încercare; VE — voltmetru electronic; D — detector de scurtcircuit.

Tensiunea indusă este dată aproximativ de relația:

$$U_{B_i} = U_p \frac{n_{B_i}}{n_p}.$$

Tensiunea indusă în spiră se măsoară cuplînd bobina de măsură la voltmetrul electronic, care indică tensiunea de vîrf. Bobina de măsură realizată dintr-o singură spiră ne dă chiar tensiunea în V/spiră. Încercînd o bobină cu n spire, tensiunea de încercare la bornele ei va fi nv, în care v este indicația voltmetrului de vîrf. Folosirea acestui sistem de măsură scutește de a conecta de fiecare dată voltmetrul electronic la bobina care se încearcă; de asemenea, kenotronul poate să aibă o tensiune inversă mai mică (deci și rezistență internă mai mică). Folosind ca redresoare un tub cu rezistență internă mică, se poate calcula mai ușor voltmetrul de vîrf (indicația aparatului a ajuns la 0,96 U).

Dacă secția de bobină nu prezintă scurtcircuit, prin ea nu se va închide nici un curent și microampermetrul închis pe înfășurarea secundară a miezului auxiliar MA nu va indica nimic. În cazul unui scurtcircuit, în înfășurarea

secundară a miezului magnetic *MA* se induce o tensiune și microampermetrul închis pe aceasta va acuza o deviație.

4. Descrierea instalației construite

Transformatorul regulator de tensiune. Pentru a obține tensiuni alternative fără trepte mari, iar variația tensiunii să se facă în sarcină, se folosește un transformator regulator de tensiune cu bobina mobilă. După modul de conectare se poate obține variația tensiunii de la 0—220 V sau 0—440 V. În literatură [10] sînt date numeroase exemple de calcul pentru aceste regulatoare.

Transformatorul de înaltă tensiune. Puterea transformatorului este dată de relația :

$$P = (U_{max})^2 \omega C.$$

Transformatorul s-a dimensionat pentru $S = 10$ kVA, $U = 220/10\,000$ V, $I_1 = 45{,}5$ A, $I_2 = 1$ A, $I_0\% = 11{,}5\%$, $U_{scc} = 4\%$.

Condensatoarele. Deoarece se lucrează cu frecvențe înalte, condensatoarele s-au construit fo-

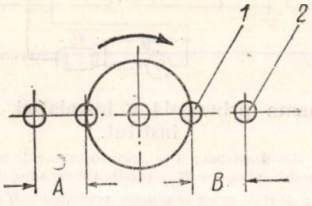


Fig. 5. Dispozitiv de rupere :
1 — eclator mobil ; *2* — eclator fix ;
A, *B* — intervale disruptive.

losind ca dielectric mica și s-au așezat în cuve cu ulei. Tensiunea nominală a unui condensator este 3,3 kV, iar capacitatea $C = 0{,}43$ μF. S-au folosit trei condensatoare conectate în serie.

Dispozitivul de rupere sincron. Condensatoarele din circuitul oscilant trebuie descărcate la fiecare maxim al tensiunii, cu ajutorul sistemului de eclatare. Pentru aceasta, s-a folosit un motor asincron de 0,5 kW, care a fost sincronizat (prin frezarea unor canale pe rotor), cu viteza de sincronism de 3 000 rot/min. Pe axul motorului se fixează sistemul izolant care susține electrozii. Între electrozii mobili există legătură electrică printr-un inel de alamă, astfel încît, în momentul străpungerii distanței dintre electrozii ficși și mobili, circuitul se închide. Eclatoarele realizate din cupru Ø 30 mm și lățimea 10 mm au distanță disruptivă reglabilă. Dacă pe disc ar exista un singur eclator, s-ar realiza un număr de $\frac{3\,000}{60} = 50$ întreruperi pe secundă ; plasînd doi electrozi pe disc, decalați la 180°, se realizează un număr de întreruperi dublu. La unele scheme, dispozitivul de rupere arată ca în figura 5. Din cauza distanțelor mici, 0,3—0,5 mm, reglajul se face dificil în amîndouă părțile, datorită unor imprecizii de prelucrare a eclatoarelor, sau a arborelui mașinii care bate. Inconvenientele pe care le prezintă acest sistem sînt înlăturate dacă se suprimă un

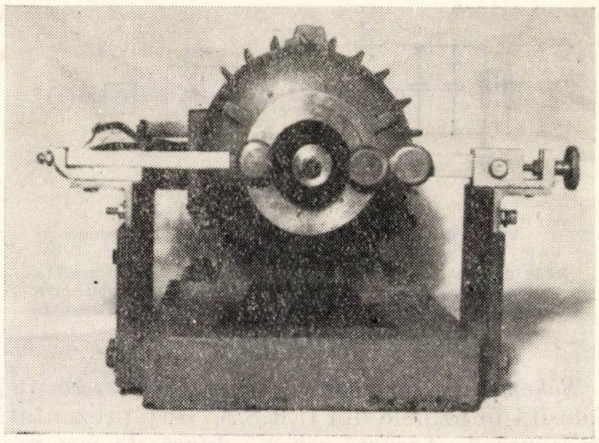


Fig. 6. Dispozitivul de rupere modificat.

spațiu disruptiv, montînd o perie de grafit pe inelul metalic. Reglajul se face acum simplu, lucrînd doar asupra electrozilor mobili, a căror distanță se reglează față de un singur reper, electrodul fix. Figura 6 reprezintă o vedere de ansamblu a dispozitivului de eclatare.

Imaginea impulsurilor la un osciloscop catodic este continuă ; s-a înlăturat dificultatea semnalată în literatură [8] privitoare la variația momentului de amorsare a eclatorului rotativ din cauza reglajului.

Miezul magnetic principal. Secțiunea miezului de fier s-a determinat în așa fel încît la tensiunea maximă de 10 kV să existe o inducție de 2 000—4 000 Gauss. Se micșorează astfel pierderile în fier datorite frecvenței înalte. Miezul de fier are un întrefier de 30 mm, necesar introducerii bobinei de încercat și menținerii unei inductanțe constante. Figura 7 reprezintă miezul magnetic principal. Bobina primară a miezului,

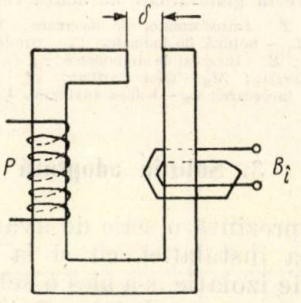


Fig. 7. Miezul magnetic principal. :
P — primarul acestui transformator ; B_i — bobina de încercare cu rol de secundar ; δ — întrefier.

realizată din țeavă de cupru Ø 25 mm are opt spire, deci tensiunea secundară pe care trebuie să o dea transformatorul este de $1\,250 \times 8 = 10\,000$ V, considerînd că tensiunea dorită

pe spiră este de maximum 1 250 V. Pentru înfășurarea P a rezultat din calcul o inductanță $L = 8{,}56 \cdot 10^{-5}$ H.

Frecvențe proprii de oscilație. Pentru a obține diferite frecvențe se conectează în paralel cu P, condensatoare. După modul lor de conectare, se obțin frecvențe proprii de oscilație între 26 și 46 kHz. De asemenea, folosind o priză mediană de la înfășurarea P (patru spire), se pot obține frecvențe proprii și mai mari (52—91 kHz).

Pupitrul de comandă. Cuprinde atît aparatele necesare diverselor comenzi, cît și aparatura de măsură. O serie de blocaje permit ca succesiunea operațiilor necesare pentru punerea în funcțiune a instalației să fie cea indicată de schemă. Pentru a evita intrarea accidentală a persona-

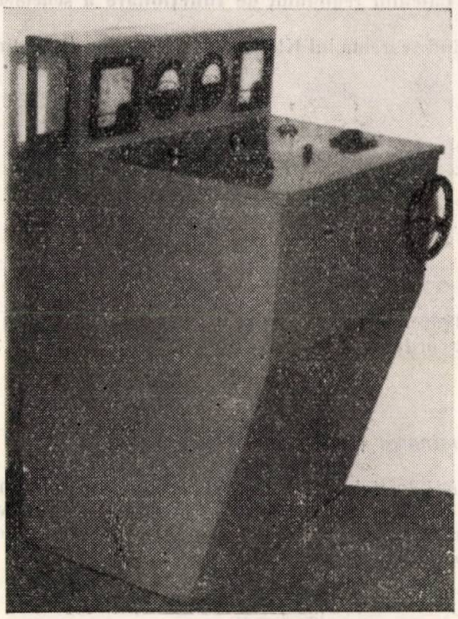


Fig. 8. Pupitrul de comandă (vedere din față.)

lului în spațiul rezervat încercărilor (spațiu limitat de un grilaj de sîrmă și ușă de acces), în circuitul bobinei de tensiune a întreruptorului automat montat în pupitru se introduce un contact de ușă, care la deschiderea acesteia declanșează instalația. O vedere a pupitrului este dată în figura 8. Dintre aparatele de măsură de pe pupitru, voltmetrul de vîrf prezintă mai mare importanță.

Pentru a măsura pulsurile de tensiune de frecvență înaltă care se induc în bobina de încercare (ale cărei capete se lasă libere), pe miezul magnetic principal se introduce spira de măsură conectată la voltmetrul electronic. Tensiunea de înaltă frecvență este redresată de un kenotron, iar aparatul de măsură este un microampermetru etalonat în volți cu ajutorul unui osciloscop de impuls. Aparatul indică direct tensiunea în V/spiră. În figura 9 este arătată schema principială a voltmetrului electronic. Pentru ca aparatul să indice valoarea de vîrf a impulsului [11], trebuie îndeplinite condițiile $R_i C < \tau_{încărc}$ și $RC > \tau_{desc}$, în care: R_i este rezistența internă a kenotronului, 120 Ω pentru tubul 5Ц3С, R — rezistența de limitare a curentului, 100 MΩ, C — condensator de vîrf 30 000 pF, $\tau_{încărc}$ — constanta de încărcare a condensatorului $5 \cdot 10^{-6}$ s și τ_{desc} — constanta de descărcare a condensatorului $20 \cdot 10^{-3}$ s. Indicațiile aparatului vor fi cu atît mai precise, cu cît alegînd mai bine elementele voltmetrului electronic se obține o constantă de timp RC mai mare (bineînțeles garantîndu-se și încărcarea condensatorului); în cazul de față, $RC = 50\ \tau_{desc}$.

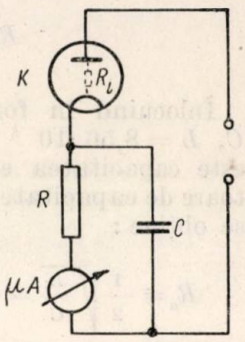


Fig. 9. Voltmetrul electronic: C — condensator de vîrf; R_i — rezistența internă a tubului; K — kenotron; μA — microampermetru; R — rezistența de limitare.

5. Calculul regimului de funcționare a schemei

Fie circuitul simplificat al schemei indicat în fig. 10. Cînd distanța dintre electrozi este străpunsă, condensatoarele se descarcă pe inductanța miezului magnetic principal, cu care formează un circuit oscilant. Ecuațiile care se pot scrie circuitelor *1* și *2* sînt:

$$U - \frac{1}{C}\int_0^t i_1\,dt = L\left[\frac{di_1}{dt} - \frac{di_2}{dt}\right]; \qquad (1)$$

$$L\left[\frac{di_2}{dt} - \frac{di_1}{dt}\right] + Ri_2 = 0. \qquad (2)$$

Rezolvarea ecuațiilor (1) și (2) duce la următoarea valoare pentru i_1:

$$i_1 = I_0 e^{-\delta t} \cos \omega t, \qquad (7)$$

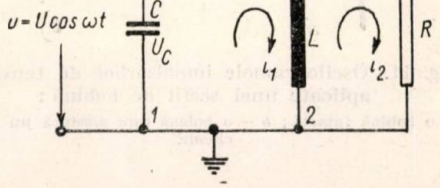


Fig. 10. Schema simplificată a instalației: C — bateria de condensatoare; E — eclatoare; R — rezistența de amortizare; L — inductanța miezului magnetic principal.

adică o funcție cvasiperiodică care se amortizează cu decrementul δ. Pentru a avea un regim

oscilant amortizat, trebuie îndeplinită condiția : $\delta^2 < \omega^2$, adică $\frac{1}{4R^2C^2} < \frac{1}{LC}$, ceea ce conduce la :

$$R_a > \frac{1}{2}\sqrt{\frac{L}{C}} . \qquad (8)$$

Înlocuind în formula (8) valorile lui L și C, $L = 8{,}56 \cdot 10^{-5}$ H și $C = 0{,}143 \cdot 10^{-6}$ F (C este capacitatea echivalentă a trei condensatoare de capacitate $C = 0{,}45$ μF legate în serie), se obține :

$$R_a = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{8{,}56 \cdot 10^{-5}}{0{,}143 \cdot 10^{-6}}} = 12{,}3\ \Omega.$$

Pentru rezistențe de amortizare $R_a > 12{,}3\ \Omega$, regimul de funcționare al schemei este oscilant amortizat. Se observă că pentru cazul extrem, $R_a = \infty$ (rezistenței R_a, legată în paralel cu P, i se desface un capăt), schema funcționează în același regim.

6. Rezultatele experimentale

S-au încercat bobine cu număr diferit de spire și cu diferite izolații : email, bumbac, hîrtie cu mică. Bobinele încercate au fost unele luate din producția curentă a fabricii de mașini electrice din Reșița, altele au fost confecționate pentru a studia comportarea izolației lor la tensiunea de încercare. Oscilografiind impulsurile de tensiune induse în bobinele de încercare, se constată că alura curbelor este alta în cazul în care o bobină este intactă față de o bobină care prezintă un scurtcircuit. Micșorarea impulsului se vede clar în figura 11, în care se prezintă oscilogramele ridicate pentru două bobine : una bună (*a*), cealaltă cu scurtcircuit între spire (*b*).

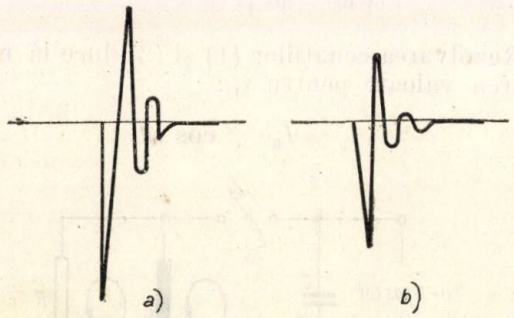


Fig. 11. Oscilogramele impulsurilor de tensiune aplicate unei secții de bobină :
a — o bobină intactă ; *b* — o bobină care prezintă un scurtcircuit.

Timpul de încercare a fost 15 s (1 500 impulsuri) și 1 minut (6 000 impulsuri), iar tensiunea de încercare 750 V/spiră. Se verifică experimental că forma impulsului este cea calculată la capitolul 5, adică un impuls cvasiperiodic amortizat în timp. Scăderea amplitudinii se observă și la voltmetrul de vîrf.

7. Concluzii

Instalația prezentată, de încercare a izolației spirelor mașinilor electrice de înaltă tensiune, este destinată fabricilor producătoare de mașini electrice și poate fi întrebuințată atît pentru depistarea unor scurtcircuite existente în bobine, cît și pentru o încercare preventivă a izolației la impulsuri de tensiune cu pantă abruptă.

Efectuarea întreruperilor cu ajutorul unui eclator rotativ, propusă în prezenta lucrare, este preferabilă celei făcute cu tuburi electronice, atît prin faptul că este mai simplă, cît și prin aceea că solicitarea este mai apropiată de realitate.

ANEXA 1

Calculul regimului de funcționare a schemei

Aplicînd teorema lui Kirchhoff circuitelor *1* și *2* din fig. 10, avem :

$$U_c = -\frac{1}{C}\int_0^t i_1\,dt = L\left[\frac{di_1}{dt} - \frac{di_2}{dt}\right] ; \qquad (1)$$

$$L\left[\frac{di_2}{dt} - \frac{di_1}{dt}\right] + Ri_2 = 0. \qquad (2)$$

Rezolvarea ecuațiilor (1) și (2) conduce la ecuația diferențială de ordinul 2, a cărei soluție este de forma :

$$i_1 = Ae^{r_1 t} + Be^{r_2 t}. \qquad (3)$$

Determinarea constantelor A și B

Condiții inițiale. Considerînd fenomenul din momentul în care condensatoarele străpung intervalul disruptiv al eclatoarelor, curentul i_1 are o valoare I_0, iar tensiunea de pe condensator are valoare nulă, adică :

$$\text{la } t = 0 \begin{cases} i_1 = I_0 \\ U = 0 \end{cases} \qquad (4)$$

Cu aceste condiții, ecuația (3) devine :

$$I_0 = A + B \qquad (3')$$

Folosind relația $U = -\frac{1}{C}\int i_1\,dt$ și punînd condiția la limită $U = 0$, se obține ecuația :

$$\frac{1}{C}\cdot\frac{A}{r_1} + \frac{1}{C}\cdot\frac{B}{r_2} = 0. \qquad (5)$$

Rezolvînd sistemul de ecuații (3'), (5), se obțin pentru A și B valorile :

$$A = I_0\frac{r_1}{r_1 - r_2} ; \qquad B = I_0\frac{r_2}{r_2 - r_1} . \qquad (6)$$

Introducînd valorile lui A și B în ecuația (3) și făcînd restrîngerile de termeni, se obține :

$$i_1 = I_0\, e^{-\delta t}\cos\omega t. \qquad (7)$$

Bibliografie

[1] *Nürnberg V.*: Ispîtanie electroceskih maşinî. Gosenergoizdat. Moscova, 1959,2—12.

[2] *Smirnov V.M.*: control i ispîtanie abmotok electriceskih maşinî i aparatov. Moscova, 1955, 1—35.

[3] *Suhokov T.P.*: Tehnologia producţiei de materiale izolante şi a izolării înfăşurărilor. Bucureşti, Editura Energetică de Stat, 1953.

[4] *Szabo T.*: Aparate pentru determinarea scurtcircuitelor. „Inovaţii în industria electrotehnică" traducere din limba maghiară. Bucureşti, Editura Energetică de Stat, 1953.

[5] *Budnikov N. I.* şi *Frolov N.I.*: Aparate pentru determinarea scurtcircuitelor între spire în bobinajele motoarelor electrice mici. Caiet selectiv electrificare şi electrotehnică (1959) 5, 40—43.

[6] *Bunea V.*: Aparat pentru detectarea scurtcircuitelor între spire la bobinele maşinilor şi transformatoarelor electrice. Electrotehnica **7** (1959) 7, 265—266.

[7] *Liebscher F.* şi *Meyer H.*: Stosspannungsprüfung der Isolation electrischer Maschinen. ETZ-A **78** (1957) 14, 481—488.

[8] *Mierich H.*: Windungsisolations prüfgeräte für Hoch spannungsspulen. Dtsch. Elektrotechn. **12** (1955) 10, 433—435.

[9] *Lebedeev I.V.* şi *Timofenko A.A.*: Ispîtania mejduvitkovoi izolaţii vîsokovoltnîh elektrodvigatelei. Electriceskie stanţii (1956) 10, 54—55.

[10] *Hortopan Gh.*: Calculul transformatorului regulator de tensiune cu bobină mobilă. Revista M.E.I.E. (1952) 9, 47—50.

[11] *Nicolau Edm.*: Măsurători în radiotehnică. Bucureşti, Editura Energetică de Stat, 1955, vol. I.

Intrat în redacţie la 20 martie 1960.

Caracteristicile dielectrice ale uleiului romînesc de condensator

Adrian Bercu şi **Elena Podani*** — Bucureşti

În scopul pregătirii fabricaţiei în ţara noastră a condensatoarelor de forţă, autorii au efectuat, în cadrul ICET, studiul comportării uleiului romînesc de condensator. Mai întîi se prezintă tehnologia sa de fabricaţie, utilizînd ca materie primă uleiul mineral de transformator, tip 2004. Pentru studierea influenţei fiecărei faze de preparare asupra calităţii uleiului se determină caracteristicile dielectrice în funcţie de temperatură şi gradientul de potenţial. Experimentările efectuate au arătat că uleiul romînesc de condesnator prezintă caracteristici ce se situează la nivelul tehnicii mondiale.

CZ 621.315.2(498):621.319.4

1. Generalităţi

La impregnarea condensatoarelor de forţă se foloseşte în mod curent un ulei mineral [1], special tratat, cu caracteristici dielectrice ridicate. Pentru pregătirea fabricaţiei în ţară a condensatoarelor de forţă, în cadrul ICET, s-a stabilit tehnologia preparării uleiului de condensator, folosind ca materie primă uleiul mineral de transformator, tip 2004.

Ţinînd seamă de condiţiile impuse de normele străine [2], tehnologia constă în următoarele faze:

Pentru micşorarea inidicelui de aciditate de la 0,05 mg KOH/g ulei la 0,02 mg KOH/g ulei, s-a ales metoda prin contact, respectiv amestecarea uleiului cu substanţe bazice, în speţă pămînturi adsorbante. Spre deosebire de altă metodă [3], denumită „prin percolaţie", constînd în filtrarea uleiului printr-un strat de gel de siliciu, metoda stabilită de ICET foloseşte pămînturi adsorbante preparate în ţară, care sînt îndeajuns de economice. Separarea uleiului de pămînturi se efectuează în continuare prin decantare şi trecere printr-un filtru-presă.

Deoarece caracteristicile dielectrice ale uleiului mineral sînt în funcţie directă de conţinutul de umiditate şi de gaze [4], [5], [6], [7], [8], faza a doua a tratării constă în deshidratarea şi degazarea în vid intens. Pentru aceasta, a fost construită în cadrul ICET o instalaţie experimentală, folosind la efectuarea cercetărilor de laborator. După această instalaţie s-a proiectat instalaţia pentru prepararea pe scară industrială a materialului de impregnare, destinată fabricaţiei de condensatoare la Fabrica de cabluri şi materiale electroizolante (F.C.M.E.).

După cum se vede în figura 1, uleiul de transformator tip 2004 trece din rezervorul R_u, prin intermediul unei pompe cu roţi dinţate, în vasul pentru spălare cu pămînturi P. Aici, după amestecarea cu pămînturi adsorbante, uleiul este trimis spre decantare în vasul D_1. Pentru completa eliminare a reziduurilor de pămînturi, uleiul este circulat prin filtrul-presă F_p, care mai are şi rolul de deshidrator grosier. Cu aceasta este terminată prima fază a preparării uleiului, şi anume tratarea chimică.

Cea de-a doua fază constă în deshidratarea uleiului filtrat sub vid intens (10^{-1} —10^{-2} mm col Hg). Pentru aceasta, autoclava Au este înzestrată cu un pulverizator, avînd rolul separării particulelor de ulei, deshidratarea făcîndu-se

* Ing. *A. Bercu* este şef de laborator la ICET.
Ing. *E. Podani* este cercetător la ICET.

în acest caz mai intens. În instalația de mai sus, ciclul de deshidratare poate fi repetat prin intermediul pompei p_3, pînă la completa elimi-

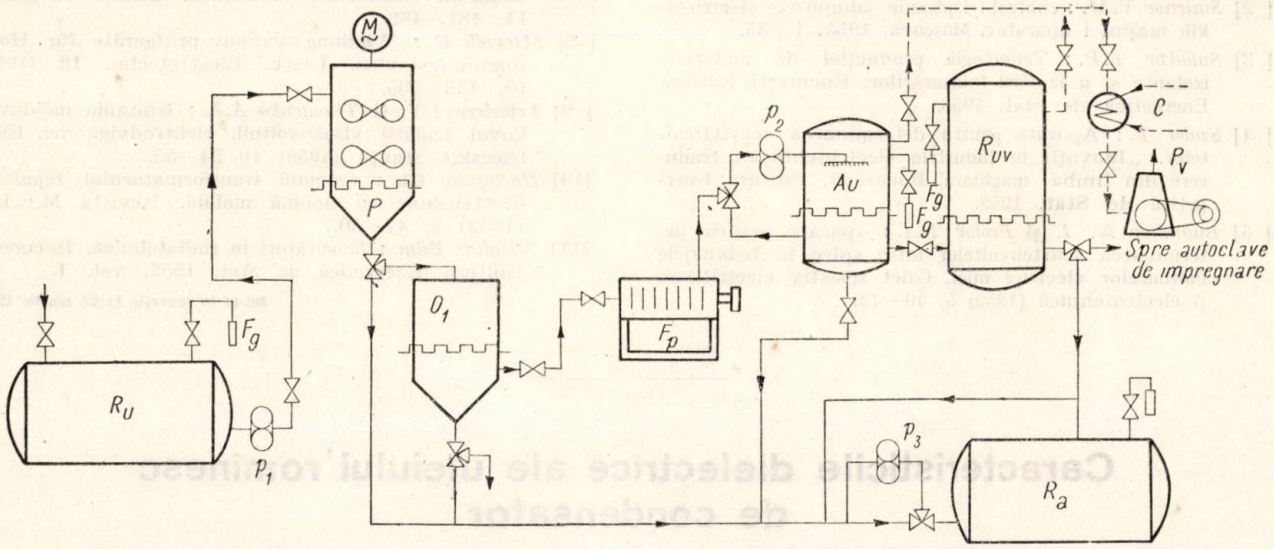


Fig. 1. Schema tehnologică a circuitelor de ulei la instalația de preparare a uleiului de condensator.
1 – (R_u) rezervor pentru ulei brut, metalic, îngropat în pămînt; *2* – (P) vas pentru spălare cu pămînturi; *3* – (D_1) vas pentru decantarea uleiului; *4* – (F_p) filtru presse pentru ulei; *5* – (Au) autoclavă pentru prelucrarea uleiului în vid; *6* – (R_{uv}) rezervor pentru ulei preparat, sub vid; *7* – (C) condensator de suprafață; *8* – (p) pompe de circulație ulei (cu roți dințate); *9* – (R_a) rezervor de avarii; ——— circuit de ulei; – – – – circuit de vid.

nare a particulelor de apă. Pentru păstrare, uleiul este trimis în rezervorul de ulei sub vid R_{uv}, eliminîndu-se pericolul absorbției de umiditate din atmosferă.

Specificul metodei de preparare a uleiului romînesc de condensator constă în economicitatea ei, prin folosirea de materii prime și materiale de prelucrare în întregime procurate din țară *.

În scopul determinării influenței fiecărei faze de tratare asupra caracteristicilor dielectrice ale uleiului, s-au efectuat măsurători corespunzătoare ale valorilor tg δ și ρ_v, care fac obiectul articolului de față.

Pentru efectuarea măsurătorilor primelor două valori, s-a folosit puntea Schering tip MDP de fabricație sovietică, cu un diapazon de capacități cuprins între 40 și 20 000 pF și cu posibilități de reglare a tensiunii între 1 și 10 kV. Puntea poate măsura valori ale tg δ pînă la 10^{-5}.

2. Electrozii de măsură

La proiectarea electrozilor condensatorului de măsură, s-au trecut în revistă tipurile principale folosite în tehnica mondială, stabilindu-se un tip corespunzător necesităților și posibilităților noastre de construcție.

Măsurarea factorului tg δ se efectuează, de obicei, într-un recipient format din doi electrozi, între care se toarnă lichidul izolant cercetat. Unul dintre electrozi este legat la sursa de înaltă tensiune, iar celălalt prevăzut cu inel de gardă — se leagă la aparatul de măsură. Analiza construcțiilor existente de condensatoare de măsură a arătat că se poate face o clasificare a lor după materialul din care sînt construite și după forma electrozilor.

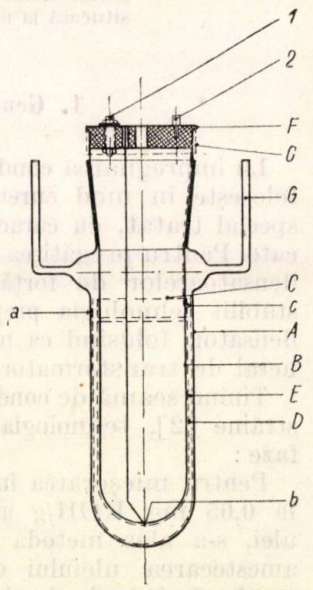


Fig. 2. Condensator de măsură, vertical, din sticlă, cu electrozi argintați:
1 – borna electrodului interior, alamă; *2* – șurub de punere la pămînt, alamă; *a* – punctul de legătură al electrodului exterior de înaltă tensiune, argint; *b* – punctul de legătură al electrodului interior, de joasă tensiune, argint; *c* – punctul de legătură al inelului de gardă, argint; *A* – electrod exterior, sticlă specială; *B* – electrod interior, sticlă specială; *C* – inel de gardă, alamă; *D* – suprafața argintată a electrodului interior; *E* – suprafața interioară a electrodului exterior; *F* – șaibă de micalex; *G* – țeavă de umplere, alamă; – – – – – suprafața argintată.

2.1. *Condensatorul vertical* (fig. 2) de sticlă cu electrozi argintați a fost fabricat în R. Cehoslovacă [13], din sticlă specială care se platinează sau argintează. La acest condensator nu se mai pune problema izolării părților metalice. Dificultatea principală la realizarea acestui condensator constă în prelucrarea sticlei. Părțile conice și cilindrice trebuie să fie lucrate cu deosebită îngrijire, deoarece de prima depinde centrarea, iar de a doua uniformitatea cîmpului electric. Deși construcția prezintă interes, totuși

* Stabilirea metodei de preparare a uleiului romînesc de condensator, în faza de laborator, a fost efectuată de către chimistul diplomat Gh. Bălășescu, cercetător principal la ICET.

datorită tehnologiei foarte complicate de fabricare a sticlei nu am considerat-o indicată.

2.2. *Condensatorul orizontal metalic* a fost realizat în U.R.S.S. de către ORGRES [10]. El este constituit din doi electrozi în formă de disc, dintre care cel ce se leagă la înaltă tensiune este fixat prin armături la o placă de sticlă, iar electrodul inferior este fixat de recipient prin intermediul unui manşon de textolit.

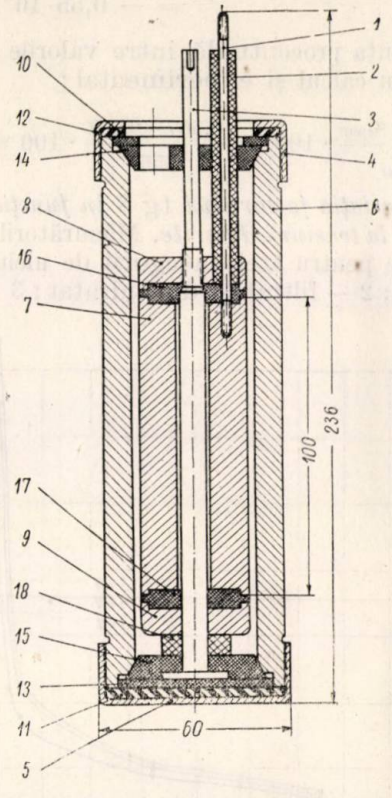


Fig. 3. Condensator de măsură cu electrozi verticali, construcţie realizată în cadrul ICET:

1 – conductor, alamă (bornă de legătură de joasă tensiune); *2* – tub izolant, pertinax; *3* – bulon de centrare, alamă; *4* – pahar superior, alamă (bornă de legătură de înaltă tensiune); *5* – pahar inferior, alamă; *6* – electrod exterior, alamă; *7* – electrod interior, alamă; *8* – inel de gardă superior, alamă; *9* – inel de gardă inferior; *10* – şaibă de etanşare superioară, perbunan; *11* – şaibă de etanşare inferioară, perbunan; *12* – inel de presare superior, micalex; *13* – şaibă, micalex; *14* – şaibă de centrare superioară, micalex; *15* – şaibă de centrare inferioară, micalex; *16* – şaibă izolantă superioară, micalex; *17* – şaibă izolantă inferioară, micalex; *18* – şaibă izolantă, micalex.

2.3. *Construcţia condensatorului vertical metalic cilindric tip* ICET (fig. 3) a fost ghidată după tipul sovietic prezentat în GOST 6581-53, cu următoarele modificări:

– s-a schimbat interspaţiul dintre electrozi, de la 1 mm la 2,5 mm, în scopul micşorării erorii de excentricitate;

– centrarea electrodului interior s-a efectuat cu ajutorul a două şaibe conice din micalex, şurubul central care uneşte inelele de gardă trecînd printr-una din şaibele micalex şi fixîndu-se de aceasta cu ajutorul discului terminal; datorită acestei construcţii se realizează o construcţie mai stabilă a întregii părţi decuvabile.

2.3.1. Ca rezultat al acestor modificări, s-au obţinut următoarele caracteristici:

– capacitatea între electrozi este de ordinul 100 pF, ceea ce permite măsurarea cu puntea M.D.P. (existentă în ICET);

– izolaţia între electrozi permite măsurarea la un gradient de 15–20 kV/cm;

– condensatorul permite o încălzire pînă la 100° C.

3. Măsurătorile efectuate

3.1. *Variaţia constantei dielectrice* (ε) *cu temperatura.* Uleiul mineral de condensator este un dielectric neutru (nepolar). La aceşti dielectrici, polarizarea este numai de natură electronică şi creată prin mişcarea electronilor, strîns legaţi de atomi. Odată cu creşterea temperaturii, scade polarizarea electronică, din cauza dilatării termice a dielectricului, adică a micşorării numărului de particule pe unitatea de volum. În concluzie, scăderea constantei dielectrice este legată de micşorarea densităţii uleiului mineral.

Coeficientul termic al constantei dielectrice, α_ε, se defineşte după [11] prin expresia:

$$\alpha_\varepsilon = \frac{1}{\varepsilon} \cdot \frac{d\varepsilon}{dt} \cdot \tag{1}$$

Valoarea acestui coeficient se deduce pornind de la expresia lui Clausius-Mosotti:

$$\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot n_0 \cdot a \cdot p, \tag{2}$$

unde:

n_0 este numărul de particule pe 1 cm³;
a – constanta de polarizare a particulelor elementare;
p – polarizarea specifică.

Diferenţiind această expresie, se obţine:

$$\frac{d}{dt} \cdot \left(\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2} \right) = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot a \cdot \frac{dn_0}{dt}; \tag{3}$$

$$\frac{3}{(\varepsilon+2)^2} \cdot \frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot a \cdot n_0 \cdot \frac{1}{n_0} \cdot \frac{dn_0}{dt} =$$

$$= \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2} \cdot \frac{1}{n_0} \cdot \frac{dn_0}{dt}, \tag{4}$$

de unde:

$$\alpha_\varepsilon = \frac{1}{\varepsilon} \cdot \frac{d\varepsilon}{dt} = - \frac{(\varepsilon - 1)(\varepsilon + 2)}{3\varepsilon} \cdot \beta_v, \tag{5}$$

unde β_v este coeficientul de dilatare volumetrică a uleiului $= 7 \cdot 10^{-4}$ grad^{-1}.

Măsurătorile au fost făcute pentru două sorturi de ulei: 1 – netratat; 2 – tratat prin spălare cu pămînturi şi deshidratat. Plaja pe tem-

peraturi în care s-au efectuat măsurătorile: 20—80° C, conform diagramei prezentată în figura 4.

Pentru uleiul tratat:

la 25° C, $\varepsilon = 2{,}30$;

la 80° C, $\varepsilon = 2{,}23$.

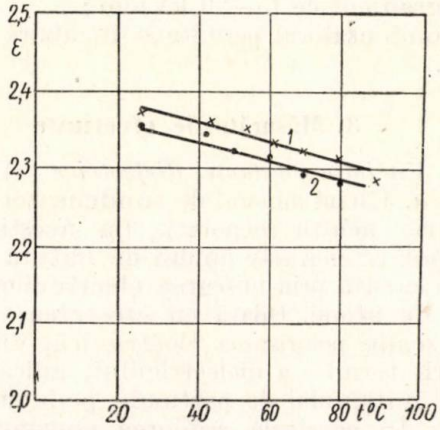


Fig. 4. Variaţia constantei dielectrice a uleiului de condensator în funcţie de temperatură;
1 — ulei primit direct de la rafinărie, netratat; *2* — ulei tratat cu pământuri şi deshidratat.

3.1.2. Calculînd coefientul α_ε (pentru uleiul tratat), după relaţia (5), vom obţine:

$$\alpha_{\varepsilon(c)} = -\frac{(2{,}3-1)(2{,}3+2)}{3\cdot 2{,}3}\cdot 7\cdot 10^{-4} = -0{,}567\cdot 10^{-3}\ \text{grad}^{-1}.$$

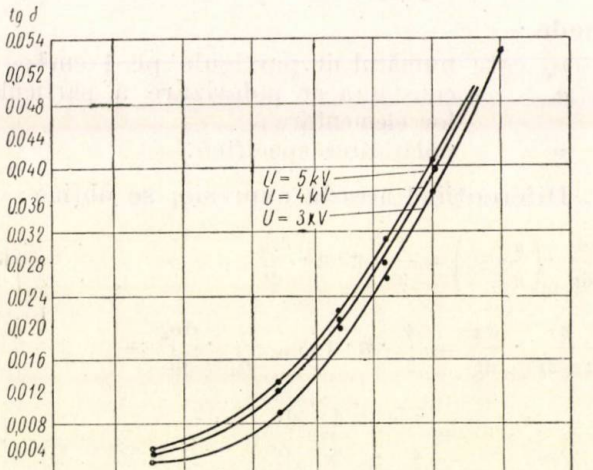


Fig. 5. Variaţia tg δ în funcţie de temperatură pentru uleiul primit de la rafinărie (netratat şi nedeshidratat), la diferite tensiuni de încercare.

3.1.3. Din măsurători. După alura liniară a curbei se poate scrie relaţia:

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1\,[1 + \alpha_{\varepsilon(m)}\,(\theta_2 - \theta_1)],$$

unde:

$\alpha_{\varepsilon(m)}$ este coeficientul termic al constantei dielectrice (măsurat);

$$\alpha_{\varepsilon(m)} = -\frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{\varepsilon_1(\theta_2 - \theta_1)} = -\frac{2{,}30 - 2{,}23}{2{,}30(80-25)} = -0{,}55\cdot 10^{-3}\ \text{grad}^{-1}.$$

Diferenţa procentuală între valorile determinate prin calcul şi experimental:

$$\frac{\alpha_{\varepsilon(c)} - \alpha_{\varepsilon(m)}}{\alpha_{\varepsilon(c)}}\cdot 100 = \frac{0{,}567-0{,}552}{0{,}567}\cdot 100 = 3\%.$$

3.2 *Variaţia factorului* tg δ *în funcţie de temperatură la tensiuni diferite.* Măsurătorile au fost efectuate pentru trei categorii de uleiuri: 1 — netratat; 2 — filtrat şi deshidratat; 3 — filtrat şi deshidratat şi lăsat 1 000 ore într-un recipient închis.

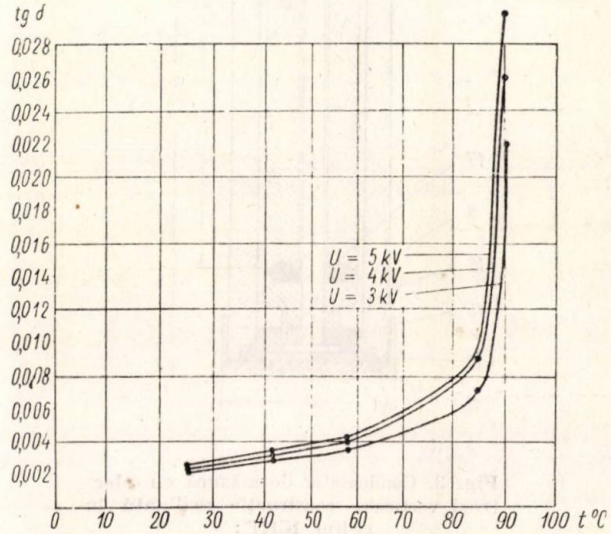


Fig. 6. Variaţia tg δ în funcţie de temperatură pentru uleiul filtrat şi deshidratat, la diferite tensiuni de încercare.

Ţinînd seama de influenţa intensităţii cîmpului electric de lucru asupra valorilor tg δ, măsurătorile s-au făcut pentru gradienţi de potenţial diferiţi, respectiv: $\frac{3}{2} = 1{,}5$ kV/mm; $\frac{4}{2} = 2$ kV/mm şi $\frac{5}{2} = 2{,}5$ kV/mm.

Pentru uleiul de transformator nr. 2004 nepurificat şi nedeshidratat, valoarea minimă a tg δ — la 3 kV — este de $4\cdot 10^{-3}$. După cum se vede în figura 5, creşterea tg δ este liniară; gamei de temperaturi (25—80° C), corespunzîndu-i o variaţie a tg δ între $4\cdot 10^{-3}$ şi $5\cdot 10^{-2}$ (deci mai bine de o înzecire a pierderilor).

În schimb, pentru uleiul purificat şi tratat, valoarea tg δ în zona temperaturilor de regim (30—50° C) este mult scăzută ($2\cdot 10^{-3}$) şi practic constantă. Creşterea bruscă este observată doar de la temperatura de 50° C şi în orice caz valoarea tg δ la 55° C este redusă, respectiv $4\cdot 10^{-3}$ (fig. 6).

Diferența alurilor curbelor acestor uleiuri, este explicabilă, întrucît uleiul netratat, conținînd produse insolubile, acestea se depun sub formă de reziduuri, care contribuie la creșterea

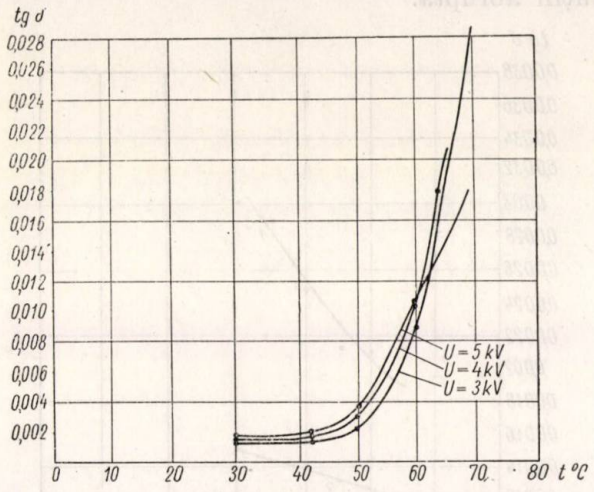


Fig. 7. Variația tg δ în funcție de temperatură pentru uleiul filtrat și deshidratat și lăsat 1 000 ore într-un recipient închis, la diferite tensiuni de încercare.

pierderilor dielectrice. În cazul nostru, folosirea pămînturilor, datorită calităților lor adsorbante, elimină o bună parte din impuritățile chimice.

Pentru determinarea stabilității în timp a uleiului tratat, o probă de ulei purificată și deshidratată a fost menținută într-un recipient metalic închis — însă nu sub vid — (pentru repetarea fidelă a condițiilor reale de exploatare), timp de 1 000 ore. Din fig. 7 se vede că, în gama de temperaturi (20—60° C), creșterea tg δ este puțin diferită de cazul anterior (fig. 6) și deci se poate considera că, în timp, uleiul studiat își va menține calitățile sale dielectrice.

4. Variația conductibilității electrice în funcție de temperatură la tensiuni diferite

Conductibilitatea electrică la uleiurile minerale poate fi de două feluri: ionică și electro-

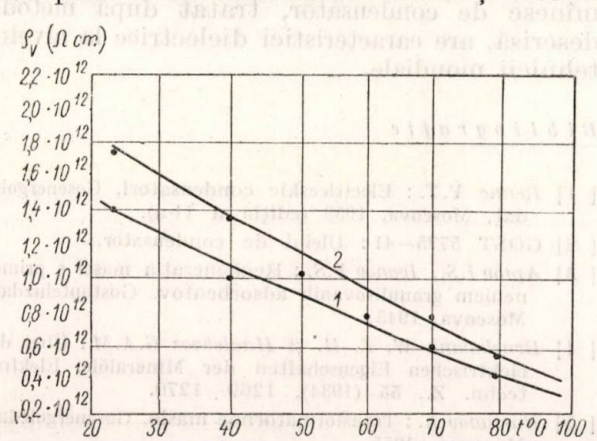


Fig. 8. Variația ρ_v în funcție de temperatură pentru uleiul primit de la rafinărie (netratat și nedeshidratat). Măsurători efectuate după 1 minut (curba *2*) și 15 minute (curba *1*).

foretică. Conductibilitatea ionică se observă la uleiurile purificate și deshidratate, iar cea electroforetică, la uleiurile cu conținut de umiditate și indice ridicat de aciditate.

La rîndul ei, conductibilitatea ionică poate fi cauzată de două categorii de factori: proprii sau străini. La uleiurile minerale și în special la cele de transformator, conductibilitatea ionică este produsă de impuritățile de ordin chimic.

Tehnologia preparării uleiului romînesc de condensator tinde să elimine complet conductibilitatea electroforetică și să limiteze la minimum conductibilitatea ionică. Este clar că valoarea acesteia din urmă va fi în funcție directă de numărul de ioni și alte particule avînd rolul de purtători de sarcini prin uleiul mineral.

Pe de altă parte, conductibilitatea ionică este în funcție directă și de temperatură. Unei creș-

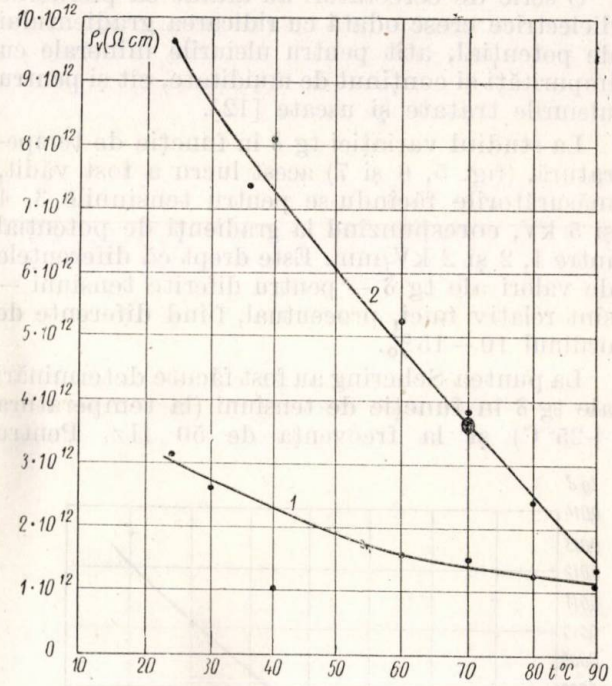


Fig. 9. Variația ρ_v în funcție de temperatură pentru uleiul filtrat și deshidratat. Măsurători efectuate după 1 minut (curba *2*) și 15 minute (curba *1*).

teri de temperatură îi corespunde și o scădere a viscozității, care favorizează mișcarea ionilor și, deci, mărirea gradului de disociere termică.

Măsurarea conductibilității electrice s-a efectuat la tensiunea în curent continuu de 1 000 V, folosindu-se un galvanometru cu sensibilitatea maximă de 10^{-9} A.

Diagramele prezentate în figurile 8 și 9 au fost întocmite direct pentru rezistivitatea volumetrică (Ω cm).

S-au efectuat măsurători pentru uleiul de transformator nr. 2004, primit direct de la rafinărie în butoaie sigilate și nesupus nici unei operații de purificare (fig. 8).

Pentru uleiul tratat după tehnologia descrisă la punctul 1, măsurătorile efectuate arată valori mai ridicate ale rezistivității volumetrice, ρ_v (fig. 9). Într-adevăr, la temperatura de 25° C, ρ_v pentru uleiul netratat are valoarea $1{,}6 \cdot 10^{12}$ Ω cm, iar pentru uleiul purificat, ρ_v atinge valoarea 10^{13} Ωcm.

După cum se vede în diagrame, măsurătorile au fost efectuate după 1 și 15 min. Este de menționat că valorile lui ρ_v după aceste intervale sînt convenționale, conform normelor străine [2]. Valorile reale ale lui ρ_v sînt mai mari și se determină după intervale mai mari de timp.

5. Variația factorului de pierderi (tg δ) în funcție de tensiune, la temperatură și frecvență constante

O serie de cercetători au arătat că pierderile dielectrice cresc odată cu ridicarea gradientului de potențial, atît pentru uleiurile minerale cu impurități și conținut de umiditate, cît și pentru uleiurile tratate și uscate [12].

La studiul variației tg δ în funcție de temperatură, (fig. 5, 6 și 7) acest lucru a fost vădit, măsurătorile făcîndu-se pentru tensiunile 3, 4 și 5 kV, corespunzînd la gradienți de potențial între 1, 2 și 2 kV/mm. Este drept că diferențele de valori ale tg δ — pentru diferite tensiuni — sînt relativ mici, procentual, fiind diferențe de ordinul 10—15%.

La puntea Schering au fost făcute determinări ale tg δ în funcție de tensiuni (la temperatura +25° C) și la frecvența de 50 Hz. Pentru

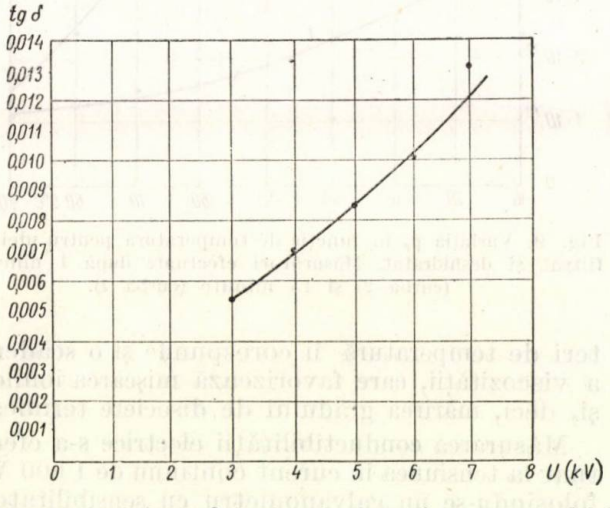


Fig. 10. Variația tg δ în funcție de tensiune pentru uleiul netratat și nedeshidratat. Măsurători efectuate la 20°C.

uleiul brut, tg δ crește de la $5{,}5 \cdot 10^{-3}$ la $13 \cdot 10^{-3}$, în gama de tensiuni 3—7 kV (fig. 10). În schimb, pentru uleiul spălat cu pămînturi și filtrat — însă nedeshidratat — tot în aceeași gamă de tensiuni, corespund valori îmbunătățite ale tg δ, și anume între 1,9 și $3 \cdot 10^{-3}$ (fig. 11, curba *1*). Cît privește uleiul purificat și deshidratat, atît valoarea tg δ (fig. 10, curba *2*) la temperatura inițială este mult scăzută ($1{,}2 \cdot 10^{-3}$), cît și panta de creștere este mai puțin abruptă.

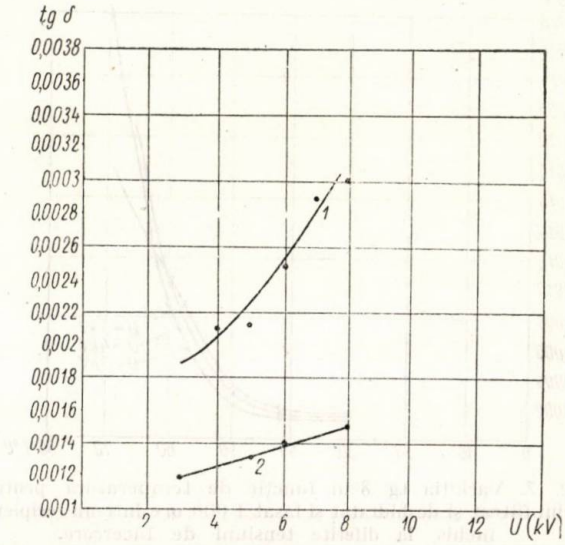


Fig. 11. Variația tg δ în funcție de tensiune pentru uleiul tratat (spălat cu pămînturi), curba (*1*) și pentru uleiul tratat și deshidratat, curba (*2*). Măsurători efectuate la 20°C.

6. Concluzii

1. Variația, în funcție de temperatură, a factorului tg δ, arată clar influența regimului de purificare. La fel și măsurătorile asupra tg δ și ρ_v indică deosebirea dintre uleiurile netratate și cele filtrate.

2. La construcția condensatoarelor de forță — unde durata de viață este în funcție de regimul termic de lucru, care la rîndul său depinde direct de valoarea tg δ — reiese clar că numărul de ani de lucru al condensatoarelor de forță va fi condiționat de gradul de purificare a uleiului de impregnare folosit [14, 15].

3. Încercările efectuate arată că uleiul românesc de condensator, tratat după metoda descrisă, are caracteristici dielectrice la nivelul tehnicii mondiale.

Bibliografie

[1] *Renne V.T.*: Electriceskie condensatorî, Gosenergoizdat, Moscova, 1959 (ediția a II-a).

[2] GOST 5775—41: Uleiul de condensator.

[3] *Aptov I.S., Ivanov V.S.*: Regenerația masel s primeneniem granulirovanih adsorbentov. Gostoptehizdat, Moscova, 1945.

[4] *Bruckmann W. L. H.* și *Haaleboos G.A.M*: Über die elektrischen Eigenschaften der Mineralöle, Elektrotechn. Z., **55** (1934), 1269—1270.

[5] *Burianov A.*: Transformatornoe maslo. Gosenergoizdat, Moscova, 1955.

[6] *Emault Y.*: Influence de l'humidité sur la rigidité diélectrique des huiles et des isolants des transformateurs, Rev. Gen. Electr., **66** (1957) 2.

[7] *Guizonnier* R. şi *Darré M.*: Étude de l'influence de l'humidité sur la conductibilité en courant continu des liquides isloants. Rev. gén. Electr., **67** (1958) 11, 637–642.

[8] *Renne V.T., Tiui Si-Sin*: K voprosu ob issledovanii gazovidelenia v condensatornom masle, J.T.F. **26** (1956), 6, 1 070.

[9] *Renne V.T., Tiui Si-Sin*: Vlianie bokovih tepei v aromaticeskih soedineniah na povedenie neftianovo masla v electriceskom pole, J.T.F. **2**, **7** (1957) 7, 1 462.

[10] *Bajanov S.A.*: Sosud kondensator dlia izmerenia tg δ masla. Electriceskie stantzii, **26** (1955) 7, 56–57.

[11] *Bogorodítzkii N.P., Pasinkov V.V.* şi *Tareev B.M.*: Electrotechniceskie materiali, Gosenergoizdat, Moscova, 1950.

[12] *Hippel R.A.*: Dielectric materials and applications (traducere în limba rusă). Gosenergoizdat, Moscova, 1959.

[13] *Tichy V.* Condensator de măsură pentru determinarea valorilor tg δ, ε şi ρ_v la izolanţii lichizi. Elektrotech. Obz. **47** (1958) 1,14–17.

[14] *Bercu A.*: Probleme ale construcţiei şi tehnologiei condensatorului de forţă de 6,6 kV. Electrotehnica **5** (1957) 7, 252–258.

[15] *Bercu A.*: Condensatoare pentru îmbunătăţirea factorului de putere realizate la ICET. Electrotehnica **6** (1958) 10, 387–393.

Intrat în redacţie la 26 septembrie 1959.

Contribuţie la modernizarea elementului galvanic tip Zn-MnO_2

Mircea Barosu, Constanţa Enăchescu, Evghenia Melehova* — Bucureşti

Progresele realizate în ultimii ani în domeniul surselor electrochimice au permis realizarea unor construcţii cu gabarit redus şi au condus la obţinerea unor performanţe superioare în ceea ce priveşte energia specifică debitată şi stabilitatea la variaţiile de temperatură. Pe linia acestor progrese, autorii au realizat, în cadrul ICET, o construcţie modernă de element galvanic plat destinat bateriilor de iluminat şi bateriilor anodice, care permite o solicitare cu curenţi nominali pînă la 500 mA şi care poate înlocui complet elementul cilindric de mare serie în toate domeniile de utilizare.

Introducerea în fabricaţia industrială de mare serie va aduce importante avantaje tehnico-economice, concretizate prin creşterea productivităţii muncii şi reducerea preţului de cost.

CZ 621.352.32.001.5

Modernizarea surselor electrochimice de energie electrică este legată de stadiul înaintat de dezvoltare a industriei de aparate electronice. În ultimii ani s-au studiat diferite sisteme electrochimice, care au condus la realizarea unor construcţii cu gabarite reduse, la creşterea energiei specifice debitate, la stabilitate, la variaţii de temperatură etc. [1] [2] [3] [4].

Principiul clasic al pilei uscate de tip Leclanché continuă să se menţină la baza fabri-

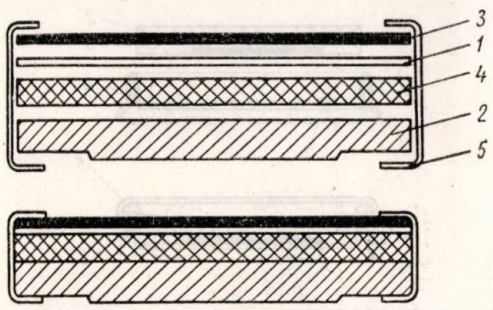


Fig. 1. Secţiune într-un element plat tip galet:
1 – tablă de zinc; *2* – pastila de depolarizant; *3* – strat bun conducător; *4* – carton suport electrolit; *5* – inel de masă plastică.

caţiei de elemente galvanice. Producţia mondială a acestui tip de elemente se evaluează astăzi la cîteva miliarde pile anual şi se datoreşte în special abundenţei de materii prime şi preţului relativ redus al acestora. Studii sistematice au fost întreprinse permanent, atît asupra materialelor componente, cît şi asupra formei constructive, urmărindu-se realizarea unei tehnologii cît mai simplificate, uşor adaptabilă la producţia de masă [5] [6] [7] [8].

Construcţia cilindrică clasică a elementelor de tip Leclanché se dovedeşte încă a fi adecvată fabricaţiei elementelor de gabarite mari (pile telefonice 35 Ah şi pile de 50–500 Ah). Marea majoritate a producţiei o constituie însă elementele cu gabarite mici, folosite în iluminatul portativ şi la alimentarea aparatelor electronice.

În ultimii 10 ani, se observă o tendinţă tot mai accentuată de înlocuirea în fabricaţia de masă, a construcţiei cilindrice cu forma plată. Această înlocuire este susţinută de următoarele consideraţii [9]:

a) se reduce volumul produselor;

b) se simplifică procesul tehnologic de fabricaţie;

c) se reduce consumul specific la unele materiale;

d) se îmbunătăţesc caracteristicile electrice specifice.

Înlocuirea s-a generalizat adoptîndu-se construcţia de element tip galet cu electrod bipolar asamblat în inel izolant din material termoplast. În figura 1 este schiţată construcţia

* Chimist dipl. *M. Barosu* este şef de laborator la ICET; ing. *C. Enăchescu* şi ing. *E. Melehova* sînt cercetători la ICET.

elementului plat de tip galet, a cărui tehnologie de fabricație a fost prezentată detaliat într-o lucrare anterioară [11].

Prin introducerea în fabricație a acestui tip de element, se realizează importante economii de materiale și se simplifică o serie de operații tehnologice, reducîndu-se considerabil utilajele și manopera productivă.

În ce privește sistematizarea procesului de producție, este important faptul că, în timp ce la fabricarea bateriilor de elemente cilindrice, numai 25—35% din volumul operațiilor se pot executa pe bandă rulantă, la fabricarea bateriilor de elemente plate 40—60 % din volumul operațiilor se face în bandă.

În fabricația străină s-au standardizat cîteva dimensiuni de element tip galet, al căror curent nominal de utilizare variază între 1,5 mA și 25 mA. Utilizarea bateriilor cu acest element la curenți superiori (100—500 mA) este ineficace. Explicația acestui incovenient se găsește în însăși construcția lui (fig. 1). Contactul dintre proeminența pastilei de depolarizant a unui element și stratul bun conducător al electrodului bipolar de la elementul vecin este insuficient pentru a realiza curenți mari. El se realizează numai prin pătrunderea granulelor de depolarizant în partea superioară a stratului conductor, constituind o sumă de puncte de contact. Numărul acestor puncte de contact este în funcție de grosimea stratului bun conductor al bipolului și de presiunea cu care se prescază elementele la înserierea lor în baterie. Cu cît numărul acestor puncte de contact este mai mare cu atît suprafața de contact dintre electrozi crește și tot pe atîta se micșorează rezistența interioară a bateriei, admițînd o valoare mai mare a curentului de descărcare. Grosimea stratului de pe bipol și a proeminenței pastilei de depolarizant se pot mări, astfel încît prin presarea la înseriere să se asigure un contact mai bun. Totuși, această soluție nu poate fi satisfăcătoare pentru realizarea unor curenți de ordinul a 300 mA (la un electrod cu suprafața de 7—10 cm^2), deoarece ar fi nevoie de o presiune de înseriere mult prea mare, care ar conduce la deformarea celulelor. De asemenea, volumul unei baterii de iluminat fiind limitat de utilizarea ei, nu se poate alege soluția măririi suprafeței electrozilor.

Pentru acest motiv, elementele plate de tip galet au putut lua locul elementelor cilindrice numai în fabricarea bateriilor anodice pentru alimentarea aparatelor electronice. Se fabrică cu predilecție elemente-galet de dimensiuni mici și mijlocii pentru baterii anodice destinate aparatelor portabile, unde acestea sînt solicitate cu curenți de 9—15 mA.

Datorită avantajelor tehnico-economice oferite de fabricația elementelor plate, a rămas un deziderat și o preocupare permanentă în ultimul timp de a se realiza o construcție modernă de element plat, care să conserve aceste avantaje și totodată să permită utilizarea bateriilor cu curenți mari necesari la iluminat și la încălzirea filamentelor lămpilor electronice. Acest deziderat este soluționat de unele firme, prin legarea în paralel a elementelor-galet [2]. Valoarea economică a acestei soluții nu este însă cea scontată.

Construcția nouă de element plat

O nouă construcție de element plat studiată în cadrul ICET, care permite solicitarea cu curenți nominali pînă la 500 mA și care poate înlocui complet elementul cilindric (tip B) de mare serie în toate domeniile de utilizare, este prezentată în figura 2.

Elementul este construit din următoarele componente :

— electrodul negativ *1* este o cuvă de zinc paralelipipedică ;

— electrodul pozitiv este alcătuit dintr-o brichetă de depolarizant, *2* care se realizează prin presarea împreună a unei pastile bune conducătoare *3* și a amestecului depolarizant.

Electrodul pozitiv este așezat într-o casetă confecționată din clorură de polivinil. Această casetă este alcătuită din două piese : o cutie paralelipipedică *4*, perforată la fund cu două găuri pe direcția diagonalei, și un capac decupat *5*. Prin cele două găuri ale cutiei este trecută o sîrmă ondulată de cupru cositorit *6*, etanșarea găurilor fiind făcută cu două picături de bitum *7*.

Electrodul pozitiv este introdus presat în cutia casetei, astfel încît sîrma ondulată să

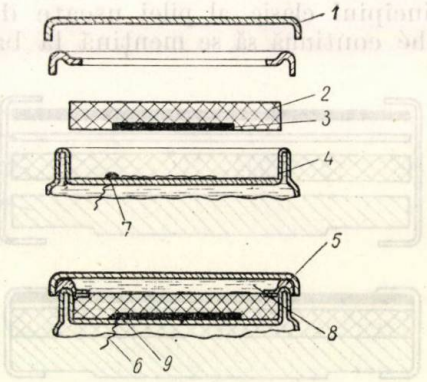


Fig. 2. Secțiune într-un element plat realizat la ICET :

1 — cuvă de zinc ; *2* — amestec depolarizant ; *3* — pastilă conductoare ; *4* — cutie vinilin ; *5* — capacul cutiei de vinilin ; *6* — sîrmă de cupru cositorit ; *7* — picătură bitum ; *8* — pasta de electrolit.

pătrundă pe tot diametrul ei în pastila conducătoare.

Pasta de electrolit rece *8* se introduce între capacul casetei de vinilin și cuva de zinc.

Asamblarea unei baterii de elemente se realizează suprapunînd cuva de zinc a unui element peste sîrma ondulată a electrodului pozitiv de la elementul vecin şi un grup astfel format legîndu-se cu inele de cauciuc.

Presîndu-se pastila bună conducătoare în masa depolarizantului, se realizează un contact intim asemănător contactului dintre creionul de cărbune şi păpuşa de depolarizant a elementelor cilindrice. Suprafaţa de contact dintre sîrma de cupru cositorită, care pătrunde în pastila bună conducătoare, este comparabilă cu cea dintre capsula de alamă şi creionul de cărbune de la elementele cilindrice.

Această construcţie permite, ca şi în cazul elementelor cilindrice, solicitarea cu curenţi de descărcare de ordinul a 300 MA şi cu curenţi de scurtcircuit de 5,5 A.

O construcţie analogă cu cea descrisă se fabrică în R.D.G. la întreprinderea VEB Batterien Fabrik Worbis, atît pentru bateriile de iluminat, cît şi pentru cele anodice.

Tehnologia de fabricaţie

Tendinţa de scădere a preţului de cost şi a creşterii productivităţii muncii generează permanent încercări pentru modernizarea construcţiei şi tehnologiei elementului galvanic.

În procesul de fabricaţie clasic există posibilităţi de reducere a preţului de cost, prin :

— reducerea consumurilor specifice de materiale ;

— reducerea manoperei şi utilajelor prin simplificarea operaţiilor tehnologice ;

— sistematizarea şi automatizarea procesului de producţie.

Înlocuirea, la producţia de mare serie a construcţiei cilindrice obişnuite prin construcţia plată prezentată este un pas hotărîtor în modernizarea procesului de fabricaţie şi în reducerea preţului de cost. Economia de materiale se concretizează prin reducerea parţială a consumului de zinc, aliaj de lipit şi alamă şi prin eliminarea consumului de tifon, aţă şi creioane de cărbune. Apare, în schimb, o creştere a consumului de parafină şi grafit.

Simplificarea operaţiilor tehnologice, implicit reducerea manoperei şi utilajelor, se concretizează prin eliminarea unor operaţii dificile ca legarea, capsularea, înmuierea păpuşilor şi fierberea elementelor şi prin înlocuirea unor operaţii grele cu altele mai simple, cum sînt : presarea păpuşilor, presarea pastilelor şi tragerea tuburilor de zinc, prin ambutisarea simplă a cuvelor de zinc.

În ce priveşte sistematizarea procesului de producţie, deosebit de important este faptul că, în timp ce în cazul construcţiei cilindrice introducerea benzii rulante nu se poate face decît pentru operaţiile de asamblare a bateriilor, în cazul construcţiei plate se pot executa în bandă atît operaţiile de construire a elementelor, cît şi cele de asamblare a bateriilor.

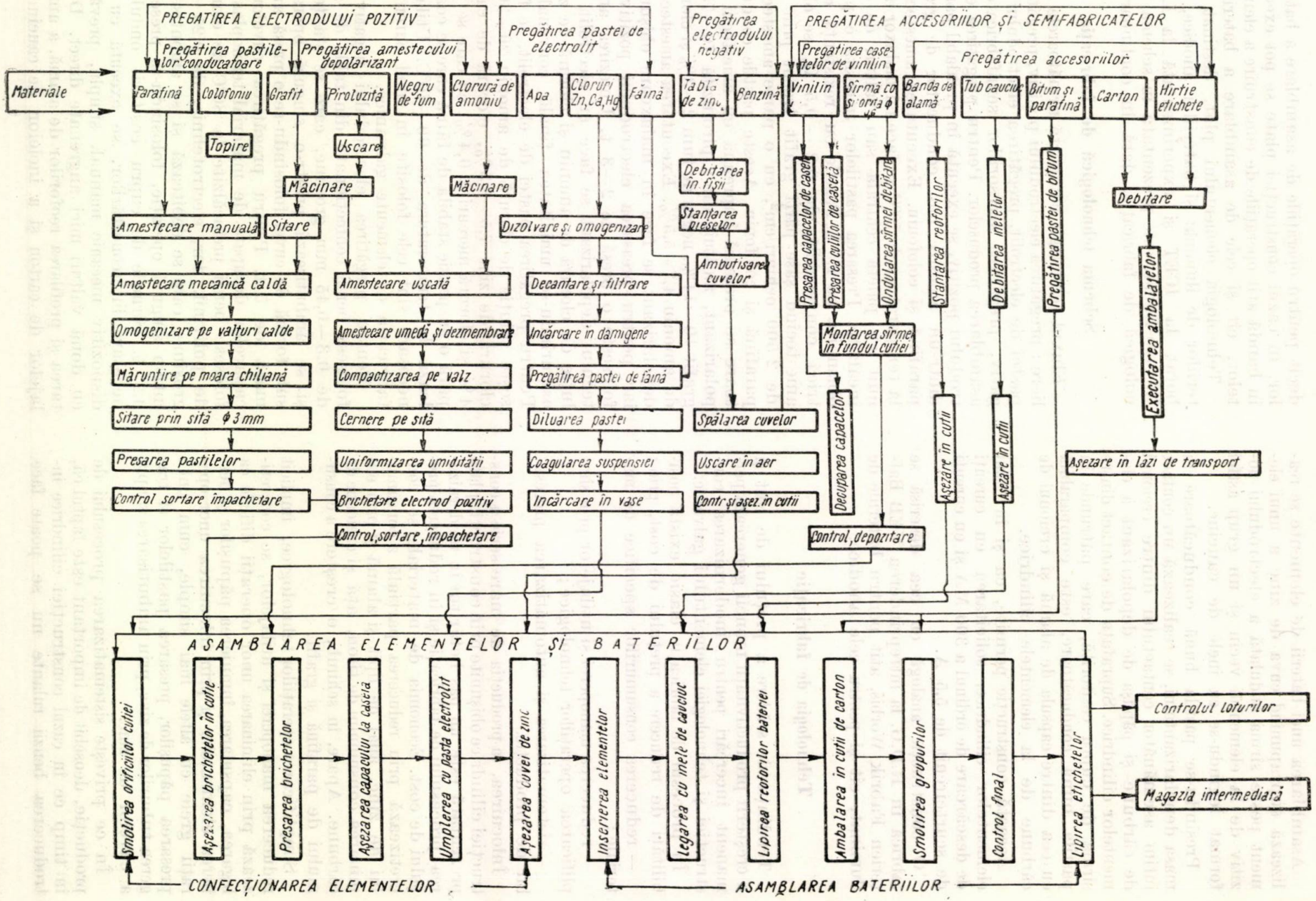
Tehnologia elementului plat, destinat bateriilor de iluminat şi bateriilor anodice, elaborat la ICET şi experimentată la I.I.S. Electro-Banat, este prezentată în schema tehnologică de fabricaţie, dată în continuare.

Schema tehnologică de fabricaţie

Fluxul tehnologic comportă următoarele ateliere : pregătirea electrodului pozitiv, pregătirea pastei de electrolit, pregătirea electrodului negativ, pregătirea accesoriilor semifabricate şi asamblarea produselor. Pentru pregătirea electrodului pozitiv, se execută în prealabil pastile dintr-un amestec bun conducător de grafit, parafină şi colofoniu. Executarea amestecului la temperatura de 70°C se face cu malaxor obişnuit cu paletă centrală sau valţuri de oţel încălzite. Presarea pastilelor necesită o presă obişnuită de 1,5 t. Pastile cu rezistenţă electrică convenabilă, de 0,2 — 0,5 Ω, se obţin amestecînd şase părţi grafit trecut prin sita de 2 500 ochiuri/cm^2, cu o parte amestec de parafină şi colofoniu. Aceste pastile conducătoare se presează împreună cu amestecul depolarizant, alcătuit din : piroluzită 70—75%, grafit 10—14%, negru de fum 2—3% şi clorură de amoniu 4,7—5,5%. Executarea amestecului depolarizant se face în malaxoare obişnuite, iar pentru preasarea electrodului pozitiv se foloseşte o presă de 2—3 t. Umezirea amestecului depolarizant se face cu electrolit, soluţie de clorură de amoniu şi clorură de zinc, asigurîndu-se umiditatea finală convenabilă. Pentru pregătirea pastei de electrolit, se foloseşte soluţie de clorură de amoniu 20—30%, clorură de zinc 7,5—8,5%, clorură de calciu 4% şi clorură mercurică 0,4%, cu care se prepară o suspensie stabilă de făină care se coagulează la temperatura de 60—70°C. Utilajele necesare sînt cele folosite în mod curent în fabricaţia de elemente galvanice.

Pentru pregătirea electrodului negativ se folosesc benzi confecţionate din tablă de zinc de 0,3—0,45 mm grosime, care se stanţează şi se ambutisează printr-o singură operaţie, sub formă de cuve, folosindu-se o presă automată de 5 t. Pentru pregătirea cuvelor şi capacelor decupate de material termoplast se folosesc benzi preîncălzite la 80°C de clorură de polivinil, dur, electrotehnic, de 0,25 mm grosime, care se debitează şi se ambutisează într-o singură operaţie, folosindu-se prese de 0,2 t. Sîrmele de cupru cositorit ondulate, necesare interconectărilor, se execută cu un dispozitiv mecanic manual, simplu, prevăzut cu două valţuri mici angrenate direct. Debitarea şi profilarea reoforilor de alamă, a ambalajelor de carton şi a inelelor de cauciuc se

SCHEMA TEHNOLOGICĂ DE FABRICAȚIE



execută cu dispozitive mecanice simple, curente. Executarea semifabricatelor sus-menționate se face prin operații discontinue, produsele transportîndu-se în atelierul de asamblare în locurile corespunzătoare ale benzii rulante. Schema tehnologiei de fabricație indică succesiunea în bandă rulantă a operațiilor de construire a elementelor și de asamblare a bateriilor.

Materiilor prime folosite în tehnologia noului tip de element prezentat li se impun aceleași condiții tehnice ca și în cazul fabricației elementelor cilindrice.

Avantajele tehnico-economice ale fabricației noii construcții plate, față de fabricația construcției cilindrice, sînt prezentate în comparația sumară din tabela 1 pentru o producție de serie de 20 milioane elemente galvanice.

Tabela 1

Avantajele tehnico-economice ale fabricației noii construcții plate.

Criteriile de comparație	Construcția cilindrică ∅ = 19,5 mm, h = 57 mm. capacitatea 0,6 Ah. Curent de utilizare, 300 – 500 mA	Construcția plată 6,5 × 48 × 61,5 mm, capacitate 0,6 Ah Curent de utilizare, 300 – 500 mA.
Costul total aproximativ al materiilor prime	6 850 000 lei	6 100 000 lei
Valoarea totală aproximativă a utilajelor	2 000 000 lei	1 100 000 lei
Valoarea aproximativă a manoperei	820 000 lei	450 000 lei
Spații productive minime aproximativ necesare	570 m²	440 m²

Este de remarcat că se înlocuiește consumul de electrozi de cărbune, în valoare de 1 800 000lei, cu consumul de durovin în valoare de 1 400 000 lei și se reduce consumul de zinc în valoare de 480 000 lei. Se înlocuiesc 22 utilaje grele și complicate în valoare de 1 500 000 (exemplu: prese de tuburi 80 t, mașini de legat și capsulat, agregat de fierberea celulelor etc.), care ocupă o suprafață utilă de 120 m², cu 18 utilaje incomparabil mai simple, în valoare de 650 000 lei (exemplu: prese pentru cuve de zinc și de polivinil etc.), care ocupă o suprafață utilă de 40 m². Se înlocuiesc în procesul tehnologic 17 operații, cu 9 operații simple, în care 70% din volumul de lucru se execută pe bandă rulantă, productivitatea muncii crescînd aproximativ cu 30—40%.

Chiar din această sumară prezentare, se poate face o anteevaluare a reducerii prețului de cost de uzină al produselor cu aproximativ 10%, argument hotărîtor în aprecierea oportunității modernizării fabricației de elemente galvanice, pe baza tehnologiei prezentate.

Caracteristici tehnice ale elementelor plate, în baterii de iluminat și baterii anodice

Pentru caracteristicile electrice ale elementelor și bateriilor galvanice, standardele și normele de control internaționale prevăd anumite limite, în funcție de condițiile de utilizare. Tabela 2 prezintă un extras cu caracteristici tehnice pentru bateriile galvanice de iluminat și pentru cele anodice.

Forma constructivă realizată, descrisă anterior, este rezultatul încercărilor făcute, pentru a se obține un element plat, care să întrunească următoarele calități:

— să prezinte dimensiuni comparabile cu ale elementelor cilindrice destinate producției de mare serie;

— să admită curenți de descărcare de 300—500 mA, pentru a putea fi folosit la alimentarea filamentelor becurilor de la lanternele portabile;

— să prezinte rezistență interioară, respectiv curent de scurtcircuit, asemănătoare cu ale elementului de construcție cilindrică.

În încercările făcute, s-au folosit ca materii prime principale: zinc de puritate 98,96%, piroluzită import U.R.S.S. cu conținut de 82% MnO_2 (cifră de activitate 21) [13], piroluzită indigenă cu conținut de 60% MnO_2 (cifră de activitate 54), incluzînd în unele rețete în compoziția depolarizantului și bioxid de mangan artificial, Branz cu conținut de 90% MnO_2 (cifră de activitate 88).

În figura 3 se arată comparativ variația tensiunii și a intensității curentului în timpul descărcării a două elemente, unul de formă cilindrică obișnuită și celălalt de formă plată. Descărcarea s-a făcut pe rezistență exterioară constantă de 5 ohmi.

Aceeași comparație se poate vedea în figura 4 în cazul descărcării elementelor comparate, pe rezistență constantă de 3,33 ohmi.

Curbele prezentate în figurile 3 și 4 conduc definitiv la concluzia că vechea idee a ineficacității practice de a solicita elemente plate de dimensiuni curente cu curenți nominali mai mari de 25—30 mA/element [12] este depășită. Devine evidentă posibilitatea de a utiliza elementele de această nouă construcție plată, în alcătuirea bateriilor de iluminat și de încălzire a filamentelor, fără să fie necesară conectarea lor în paralel. Prin noua construcție pe care o prezentăm, se lărgește domeniul de utilizare a elementelor de construcție plată cu 150—200%.

Caracteristicile tehnice pentru bateriile galvanice

Tipul bateriei (Simbolul)	Fabricația și norma	Dimensiuni (mm) greutatea (g)	Numărul de elemente	F. e. m. V	Regim de control	
					Rezistența fixă (ohmi) sau intensitatea de curent (mA)	Regim zilnic (ore)
B.u.B. 4,5 (elemente cilindrice)	R.P.R. STAS 809—55 și Normă internă	21 × 61 × 66 108 ± 10%	3	4,5	15 ohmi	continuu
B.u.B. — 22,5 (elemente cilindrice)		67 × 75 × 115 680 ± 10%	15	22,5	5 m A	4 ore pe zi
B.u.B. — 90 (elemente cilindrice)		78 × 154 × 195 2600 + 10%	63	90	5 m A	4 ore pe zi
K.B.S.L. — 0,5 (elemente cilindrice)	U.R.S.S. GOST 2583/52	22 × 63 × 67 160	3	4,6	10 ohmi	—
B.A.S. — 80 (elemente cilindrice)		73 × 138 × 218 3000	—	—	7000 ohmi	—
B.A,S.G. — 80 (elemente plate)		73 × 138 × 218 3350	—	—	7000 ohmi	—
B.D.T. 4,5	R.D.G. DIN 40.851 și VDE 0807/4.56	22 × 62 × 66 125	3	4,5	15 ohmi	10′ pe zi
B.D.T. 90		74 × 153 × 200 2900	63	90	9000 ohmi	28 ore pe săpt.
3 R 12	C. E. I. No. 86/1957	22 × 62 × 67 —	3	4,5	15 ohmi	10′ pe zi
60 R 12		78 × 135 × 225	60	90	9000 ohmi	4 ore pe zi

Pentru completarea comparației între construcția plată realizată și cea cilindrică obișnuită, dăm în figurile 5 și 6 variația rezistenței interioare a elementelor descărcate pe rezistență fixă de 5 ohmi și pe rezistență fixă de 3,33 ohmi.

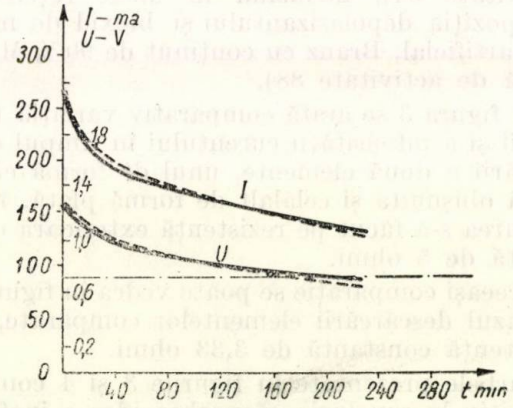


Fig. 3. Variația tensiunii și intensității curentului unui element la descărcarea pe o rezistență constantă de 5 ohmi :
——— element plat ; – – – – element cilindric.

Figura 7 prezintă, alăturate, variația curentului de scurtcircuit la un element de construcție plată și la un element de construcție cilindrică.

Curbele din figurile 3—7 inclusiv s-au obținut la elemente galvanice normate pentru capacitatea de curent de 0,6 Ah, având dimensiunile arătate în tabela 1.

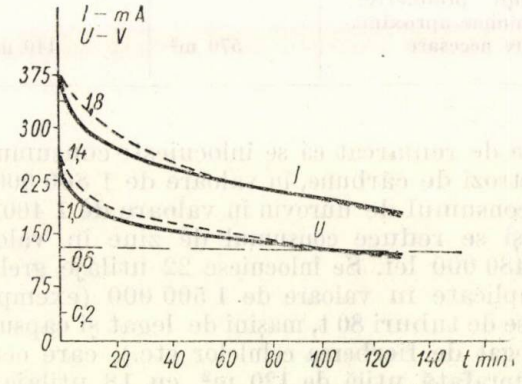


Fig. 4. Variația tensiunii și intensității curentului unui element la descărcarea pe o rezistență constantă de 3,33 ohmi :
——— element plat ; – – – – element cilindric.

Respectînd principiul și forma constructivă, descrisă mai înainte, s-au făcut în cadrul acelorași rețete tehnologice, pentru depolarizant și pasta de electrolit, încercări de stabilire a caracteristicilor electrice în funcție de variația consumurilor specifice de materiale active, zinc

de iluminat şi anodice *Tabela 2*

Tensiunea (V)	Durata de descărcare (min)					Capacitatea de curent (Ah)		Destinaţia
	Iniţial			După 180 zile		Imediat	După perioada de depozitare	
	Tensiunea finală (V)							
	0,85	0,75	0,70	0,85	0,75			
3,9	—	—	180	—	—	0,6	Scădere 10% din capacitate după 90 zile	Lanterne de buzunar
20	—	—	240	—	—	1,2		Alimentare anodică radio recepţie
82	—	—	240	—	—	1,2		
4,1				—	—	0,5 tensiune finală 2 V	După 8 luni cap. 0,30 Ah	Lanterne şi încălzire
102	95 ore pînă la 60 V			—	—	1,0	După 15 luni durată 68 ore cap. 0,75	Alimentarea circ. anodice lămpi radio
102	180 ore pînă la 60 V			—	—	2,0	După 15 luni durata 149 ore cap. 1,6 Ah	,,
4,2	190	240	—	150	195	—	—	Lanterne de buzunar
84	200 ore pînă la 50 V			180 ore pînă la 50 V		—	—	Alimentare anodică
—	—	210	—	—	—	—	80% din valoarea iniţială după 180 zile	Lanterne de buzunar
—	160 ore pînă la 54 V						80% din valoarea iniţială după 180 zile	Alimentare anodică

şi depolarizant. În tabela 3 prezentăm datele constructive principale a patru dintre variantele de greutate şi dimensiuni ale elementelor plate,

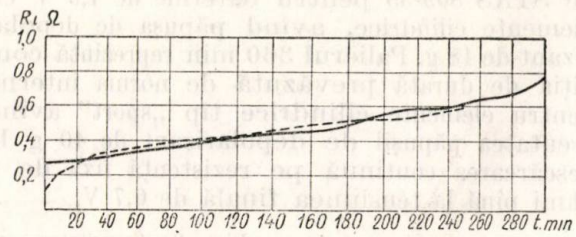


Fig. 5. Variaţia rezistenţei interioare a unui element descărcat pe o rezistenţă fixă de 5 ohmi:
——— element plat; – – – – element cilindric.

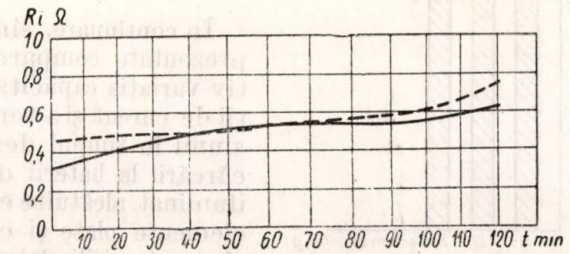


Fig. 6. Variaţia rezistenţei interioare a unui element descărcat pe o rezistenţă fixă de 3,33 ohmi:
——— element plat; – – – – element cilindric.

cu care s-au asamblat baterii de iluminat şi baterii anodice.

Bateriile de iluminat asamblate cu elemente plate, ale căror date constructive au fost arătate

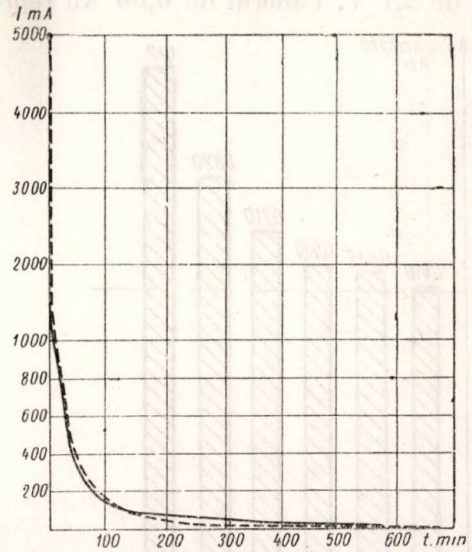


Fig. 7. Variaţia intensităţii curentului de scurtcircuit:
——— element plat; – – – – element cilindric;

în tabela 3, au avut în medie caracteristicile tehnice înscrise în tabela 4.

Tabela 3

Date constructive ale elementelor plate

Simbolul elementului plat	Dimensiuni	Volumul elementului, cm³	Greutatea elementului, g	Depolarizant		Electrodul zinc	
				volum, cm³	greutate, g	grosime, mm	greutate, g
IVa	6,5×48×61,5	19,20	35,5	6,7	15,5	0,3	6,8
IVb	7,4×48×61,5	28,80	41,5	8,4	21,5	0,3	6,8
IVc	7,4×48×61,5	21,80	45,3	9,6	25,5	0,3	6,8
IVd	9,2×48×61,5	26,50	53,2	12,2	29,5	0,4	10,1

Influența creșterii consumului de depolarizant într-un element plat asupra capacității în Ah a pilei, este ilustrată în fig. 8. Determinările s-au făcut asupra bateriilor de 4,5 V, prin descărcarea acestora în regim constant pe rezistență exterioară fixă de 15 ohmi pînă la tensiunea finală de 2,1 V. Palierul de 0,60 Ah reprezintă condiția minimă prevăzută de STAS 809-55 pentru bateriile de 4,5 V cu elemente cilindrice, avînd păpușa de depolarizant de 18 g (inclusiv electrod de cărbune).

În figura 9 se poate urmări, de asemenea, creșterea capacității de curent la elementele plate în funcție de consumul specific de depolarizant în baterii de 4,5 V descărcate în regim continuu pe rezistență de 10 ohmi pînă la tensiunea finală de 2 V. Palierul 0,50 Ah reprezintă condiția de capacitate prevăzută de GOST nr. 2583-52 pentru bateriile tip K.B.S.L. 0,5.

Influența creșterii consumului specific de depolarizant asupra duratei de descărcare se vede în figura 10 pentru baterii de 4,5 V descărcate în regim specific continuu pe rezistență de 15 ohmi pînă la tensiunea finală de 2,1 V. Palierul 180/min reprezintă condiția de durată prevăzută de STAS 809-55 pentru bateriile de 4,5 V cu elemente cilindrice, avînd păpușa de depolarizant de 18 g. Palierul 360 min reprezintă condiția de durată prevăzută de norma internă pentru elemente cilindrice tip „sport" avînd greutatea păpușii de depolarizant de 40 g la descărcarea continuă pe rezistență fixă de 5 ohmi pînă la tensiunea finală de 0,7 V.

Tabela 4

Caracteristicile tehnice ale bateriilor de iluminat cu elemente plate

Simbolul bateriei	Construcția bateriei						f.e.m, V	Condiția de control		Tensiunea inițială, V	Durata de descărcare min			Capacitate de curent Ah	Capacitate de energie Wh
	Numărul elementelor	Dimensiuni mm			Volum, cm³	Greutate, g		Rezistență exterioară, ohmi	Regim		Tensiune finală V/element			Descărcare pînă la tensiunea finală 2,1 V	
		Grosime	Lățime	Lungime							0,85	0,75	0,70		
B.P. IV a 4,5	3	21	50	63	66,4	115	4,66	15	continuu	4,15	93	164	210	0,610	1,58
B.P. IV b 4,5	3	24	50	63	75,7	126	4,66	15	continuu	4,15	98	174	235	0,650	1,70
B.P. IV c 4,5	3	24	50	63	75,7	140	4,66	15	continuu	4,15	129	223	280	0,820	2,15
B.P. IV d 4,5	3	29	50	63	91,5	157	4,66	15	continuu	4,15	157	283	340	1,020	2,60

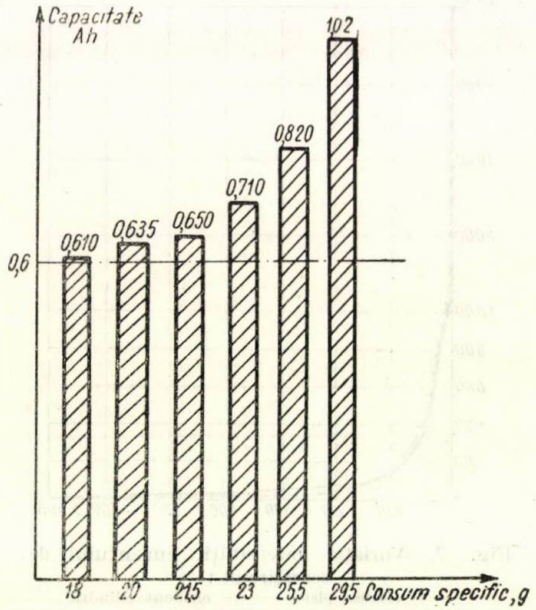


Fig. 8. Variația capacității de curent în funcție de consumul pecific de depolarizant la baterii de 4,5 V descărcare pe 15 ohmi.

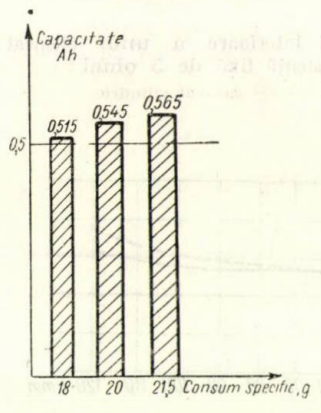


Fig. 9. Capacitatea de curent funcție de consumul specific de depolarizant la baterii de 4,5V descărcate pe 10 ohmi.

În continuare, sînt prezentate comparativ variația capacității de curent și a tensiunii în timpul descărcării la baterii de iluminat, alcătuite cu elemente plate și cu elemente cilindrice, construite cu 15,5 g depolarizant. În figura 11 se compară două baterii de 4,5 V descărcate pe rezistență constantă de 15 ohm,

pînă la tensiunea finală de 2,1 V, iar în figura 12 se compară două baterii de 4,5 V descărcate pe 10 ohmi fiecare, pînă la tensiunea finală de 2 V.

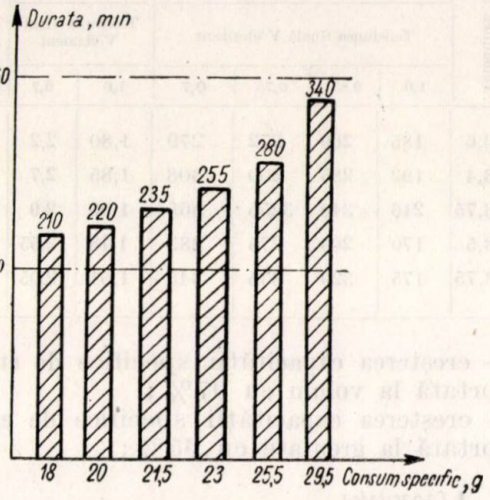


Fig. 10. Variația duratei de descărcare funcție de creșterea consumului specific de depolarizant la baterii de 4,5 V descărcate pe 15 ohmi.

Tabela 5 compară caracteristicile electrice specifice prezentate de două baterii de 4,5 V asamblate cu elemente plate și cu elemente cilin-

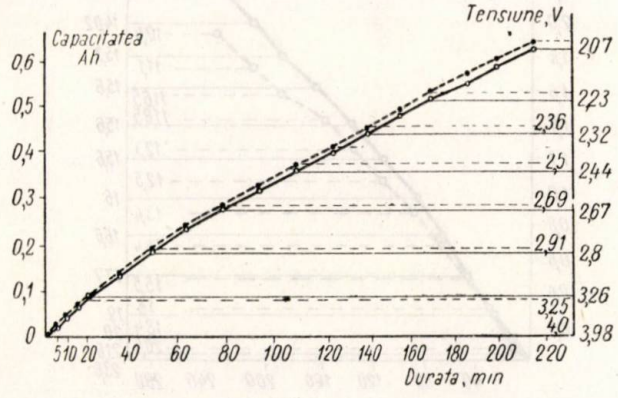


Fig. 11. Variația capacității de curent și a tensiunii în timpul descărcării pe 15 ohmi a bateriilor de 4,5V :
——— element plat ; – – – element cilindric.

drice, conținînd 15,5 g depolarizant, descărcate în regim continuu pe rezistență fixă de 15 ohmi pînă la tensiunea finală de 2,1 V.

Se remarcă următoarele avantaje :

— scăderea volumului bateriei cu 10,8% ;

— scăderea consumului util de zinc cu 24,4% ;

— creșterea capacității specifice de energie raportată la volum cu 28% ;

— creșterea capacității specifice de energie raportată la zinc cu 37% ;

— coeficientul de utilizare a zincului crește, în cazul bateriei de elemente plate, cu 40%.

Bateriile anodice asamblate cu elemente plate, ale căror date constructive au fost arătate în tabela 3, au avut în medie caracteristicile tehnice înscrise în tabela 6.

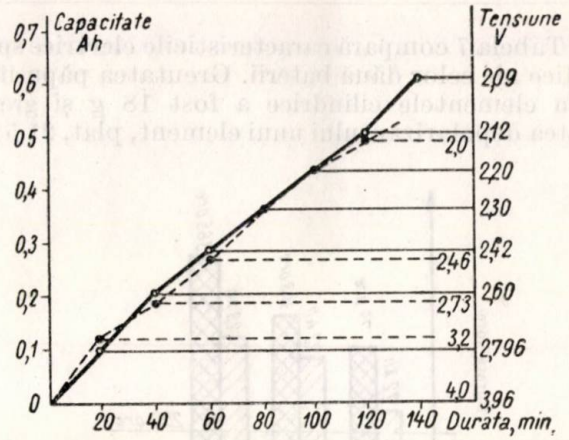


Fig. 12. Variația capacității de curent și tensiunii în timpul descărcării pe 10 ohmi a bateriilor de 4,5 V :
——— element plat ; – – – element cilindric

Influența creșterii consumului de depolarizant într-un element plat, asupra capacității de curent și duratei de descărcare, la baterii de 22,5 V este arătată în figura 13. Palierul 200 ore, reprezintă condiția minimă de durată a bateriilor de 22,5 V alcătuite din elemente cilindrice conform normei de fabricație.

Prezentăm comparativ caracteristicile tehnice a două baterii de 22,5 V, alcătuite din elemente cilindrice și din elemente plate și descărcate pe rezistență constantă de 1 750 ohmi pînă la tensiunea finală de 0,7 V.

În figura 14 este arătată variația capacității de curent și a tensiunii în timpul descărcării.

Tabela 5

Caracteristicile electrice specifice ale bateriilor de 4,5 V cu elemente plate și elemente cilindrice

Simbolul bateriei	Datele constructive				Tensiunea medie (V)	Capacitatea de curent (Ah)	Capacitatea de energie (Wh)	Capacitatea specifică de energie		
	Dimensiuni (mm)	Volum (cm^3)	greutatea (g)	greutatea zincului (g)				Raportată la volum (Wh/cm^3)	Raportată la greutate (Wh/g)	Raportată la zinc (Wh/g)
B.P. IVa 4,5	21 × 50 × 63	67,2	115	20,4	2,63	0,61	1,58	0,0236	0,0138	0,0775
B.U.B.4,5	21 × 60 × 66	82,8	122	27	2,67	0,57	1,52	0,0184	0,0125	0,0565

Tabela 6

Caracteristicile electrice ale bateriilor anodice asamblate cu elemente plate

Simbolul bateriei	Construcţia bateriei						Control		Tensiunea iniţială	Durata de descărcare (ore)				Capacitatea de curent (Ah)		Capacitatea de energie (Wh) la tensiune finală 0,7 V/element
	Numărul elementelor	Dimensiuni (mm)			Volum (cm^3)	Greutatea (g)	f.e.m. -(V)	Rezistenţa exterioară (ohm)	Regim	Tensiunea finală V/element				Tensiune final V/element		
		Înălţime	Lăţime	Lungime						1,0	0,85	0,75	0,7	1,0	0,7	
B.P. IV b 22,5	15	50	65	120	390	610	23,9	1750	continuu	23,6	185	260	272	279	1,80	2,2	34,8
B.P. IV c 22,5	15	50	65	120	390	685	23,8	1750	continuu	23,4	192	285	300	308	1,85	2,7	39
B.P. IV e 22,5	15	50	65	152	495	810	2,4	1750	continuu	23,75	216	340	3255	365	1,90	2,9	46
B.P. IV c 90	60	65	120	200	1580	2750	95,6	7000	continuu	93,5	170	260	275	283	1,48	2,55	159
B.P. IV d 90	60	65	152	200	1975	3240	95,8	7000	continuu	93,75	175	320	335	345	1,51	2,95	182

Tabela 7 compară caracteristicile electrice specifice ale celor două baterii. Greutatea păpuşilor din elementele cilindrice a fost 18 g şi greutatea depolarizantului unui element, plat, 21,5 g.

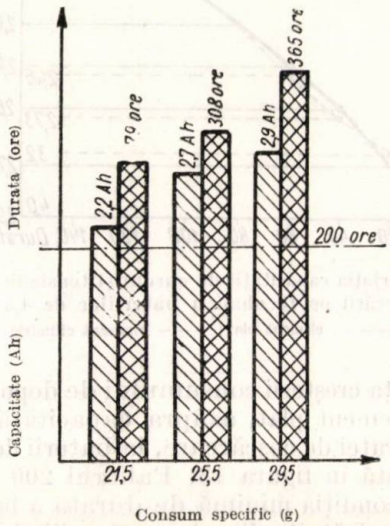


Fig. 13. Variaţia capacităţii de curent şi a duratei de descărcare funcţie de greutatea depolarizantului la baterii de 22,5 V.

Reies următoarele avantaje:

— scăderea volumului bateriei cu 22,7%;

— scăderea consumului util de zinc cu 24,4%;

— creşterea capacităţii specifice de energie, raportată la volum cu 97%;

— creşterea capacităţii specifice de energie raportată la greutate cu 65%;

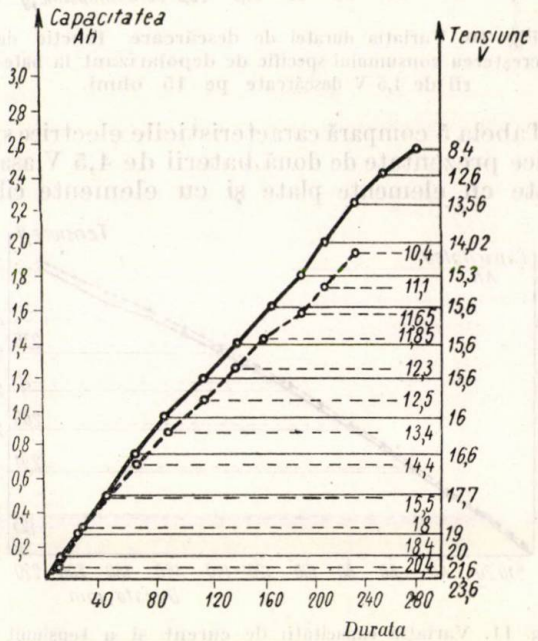


Fig. 14. Variaţia capacităţii de curent şi tensiunii funcţie de durata de descărcare în ore, la baterii de 22,5 V.
——— elemente plate; – – – – elemente cilindrice.

— creşterea capacităţii specifice de energie raportată la greutatea zincului cu 100%, ceea ce

Tabela 7

Caracteristicile electrice specifice ale bateriilor anodice de 22,5 V asamblate cu elemente plate şi elemente cilindrice

Simbolul bateriei	Datele constructive			Tensiune medie (V)	Capacitatea de curent (Ah)	Capacitatea de energie (Wh)	Capacitatea specifică de energie		
	Dimensiuni (mm)	Volum (cm^3)	Greutatea (g)	Greutatea zincului (g)				Raportată la volum (Wh/cm^3)	Raportată la greutate (Wh/g)	Raportată la zinc (Wh/g)
B.P.IV b 22,5	50×65×120	390	610	102	15,7	2,1	34,8	0,089	0,057	0,341
B.U.B. 22,5	66×73×105	505	640	135	14,2	1,6	22,75	0,045	0,0355	0,17

înseamnă o creștere a coeficientului de utilizare a zincului cu 52%.

În general, atît bateriile de iluminat cît și cele anodice executate cu materialele de calitatea menționată anterior, prin depozitare 90 zile la temperatura de 16—22° C, au prezentat o pierdere de capacitate între 5 și 10%.

Concluzii

Avantajele tehnico-economice importante, concretizate prin creșterea productivității muncii și prin reducerea prețului de cost al produselor, trebuie să ducă treptat la înlocuirea fabricației de elemente cilindrice de mare serie cu fabricația de elemente plate. Aceasta este tendința generală ce se manifestă în producția mondială de baterii galvanice. În majoritatea țărilor producătoare, au fost introduse în fabricație elemente plate de tip galet, pentru fabricarea bateriilor anodice de diferite tensiuni, destinate alimentării aparatelor electronice cu curenți de 3—25 mA.

Este foarte importantă și actuală problema realizării unui element de construcție plată, care, în fabricație, să conserve aceleași avantaje tehnico-economice și în plus să asigure utilizarea bateriilor la curenți nominali de 300—500 mA.

Construcția nouă prezentată rezolvă această problemă. Datele experimentale menționate confirmă aceasta și indică îmbunătățirea caracteristicilor tehnice ale bateriilor prin folosirea noii construcții.

Tehnologia de fabricație propusă, pe baza calculului comparativ făcut față de tehnologia de fabricație a elementelor cilindrice, oferă importante avantaje tehnico-economice, și anume:

— reducerea costului materiilor prime cu 10—15%;

— reducerea costului utilajelor de fabricație cu 20—24%;

— reducerea manoperei de fabricație cu 30—50%;

— reducerea spațiilor productive cu 25—35%,

— reducerea prețului de cost de uzină al produselor cu 10—15%.

Aceste cifre, estimate pe baza seriei de baterii-prototip executate în fabrica Electro-Banat, deși sînt în funcție de profilul de fabricație, totuși au calitatea de a atrage atenția asupra importanței modernizării fabricației bateriilor galvanice destinate marelui consum.

Bibliografie

[1] *Boiarciuc M. C.*: „Elaborarea unei construcții plate K. B. S. Bul. tehnico-economic. Fabrica elemente B.T.I.—Eleț. martie (1959), p. 14.

[2] *Jumau* M.L.: Les piles électriques d'après les brevets récents. Rev. Générale de l'Elektricité (1953) 7,323—334 și (1956) 7, 401—418.

[3] *Pernik M.J.*: Progrès recentes dans le domaine des piles électriques. Rev. Générale de l'Electricité (1953) 6, 294—302.

[4] *Fihman L.*: Pile moderne cu electrodul pozitiv din bioxid de mangan. Electrotehnica **5** (1957) 4, 113—118.

[5] *Neumann K.* și *Fink W.*: Die chemische Reaction im Braunsteinelement. Zeitschrift für Electrochemie. Berichte der Bunsengesellschaft für Physikalische Chemie **62** (1958) 2, 114—122.

[6] *Gabano J.P.* și *Brenet J.P.*: Les équilibres électrochimiques de différentes variétés de bioxyde de manganèse. Équilibres en présence d'ions manganeux. Zeitschrift für Elektrochemie Berichte der Bunsengesellschaft für Physikalische Chemie, **62** (1958) 5, 497—500.

[7] *Euler* J.: Zum Mechanismus der Lechlanché-Zellen. Zeitschrift für Elektrochemie Berichte der Bunsengesellschaft für Physikalische Chemie, **60** (1956) 9/10, 1056—1064.

[8] *Creangă* O: Metoda de purificare a piroluzitei naturale. Revista de Chimie **8** (1957) 4, 51—52.

[9] *Euler J.*: Galvanische Primärelemente und ihre Werwendung. ETZ-B **8** (1956), 129—135.

[10] *Socevanov* G.: Elemente galvanice, Gosenergoizdat, Moscova, 1951.

[11] *Barosu M.* și *Diaconu L*: Fabricarea bateriilor anodice plate de tip Zn-MnO_2. Electrotehnica **5** (1957) 9, 284—289

[12]: * * *: Norma DIN Nr. 40851 „Galvanische Elemente und Batterien mit Plattenzellenaufbau" 1953 (august).

[13] * * *: Normă TGL Nr. 4463 „Bestimmung der Activität von Natur und Kunstbraunstein" 1958 (ianuarie).

[14] *Miloslav Loyda*: Destickove baterie — Slaboproudy Obzor. **19** (1958) 5, 311—314.

Intrat în redacție la 15 martie 1960.

Notă: *Mulțumim călduros conducerii I.I.S. Electro-Banat și tovarășilor ingineri Sudrețan S., Leutschaft K., Tătucu S., Folescu M., Țîrnea I., Buruleanu N. și tennicieni Balog A, și Butum C., pentru sprijinul acordat la realizarea seriei prototip și a studiului tehnico-economic cu privire la asimilarea fabricației acestor baterii.*

Magneți permanenți anizotropi pe bază de ferită de bariu

Vasile Ivaşcu, Mihai Rozemberg şi Lucia Cârlan* — Bucureşti

În ultimii ani, magneții oxidici anizotropi pe bază de ferită de bariu s-au impus în cele mai variate domenii ale tehnicii, deoarece între altele, utilizarea lor este uneori mai avantajoasă decît a magneților metalici.

Se prezintă lucrările de cercetare efectuate de autori în cadrul ICET, în vederea stabilirii parametrilor procesului tehnologic al magneților permanenți anizotropi pe bază de ferită de bariu. Aceste cercetări au condus la realizarea unei instalații experimentale prin care s-a asigurat baza cercetărilor în vederea obținerii unor performanțe magnetice superioare și a unei tehnologii cu o productivitate sporită.

Rezultatele cercetărilor efectuate la ICET au servit la elaborarea tehnologiei de fabricație a magneților anizotropi pentru difuzoarele permanent dinamice și au permis organizarea producției lor la uzinele Electronica.

CZ 621.318.22:621.785.3 FeBa

1. Considerații generale

După elaborarea magneților permanenți de tipul Alni și Alnico, se poate considera drept cel mai important pas în dezvoltarea materialelor magnetice dure obținerea — în anul 1952 [1], [2], [3]—a magneților de tip oxido-ceramic pe bază de ferită de bariu, denumiți Ferroxdur I. Acești magneți, cu toate că aveau o energie magnetică $(BH)_{max}$ relativ mică, circa $0{,}8 \cdot 10^6$ GsOe, totuși datorită unei serii de avantaje tehnice și economice pe care le prezentau — forță coercitivă ridicată, tehnologie de fabricație relativ simplă, greutate specifică scăzută (circa 4,5 g/cm³) — au putut înlocui, în anumite domenii de aplicații, unele tipuri de magneți.

Pentru asigurarea extinderii domeniului de aplicații, se punea problema îmbunătățirii simțitoare a performanțelor magnetice.

Cercetările au căutat drumul spre îmbunătățirea energiei magnetice, prin obținerea unui material anizotrop, bazîndu-se pe structura hexagonală a cristalului de ferită de bariu și pe puternica lui anizotropie magneto-cristalină.

În anul 1955 au fost elaborate două tipuri de magneți oxido-ceramici anizotropi pe bază de ferită de bariu, denumiți Ferroxdur II și III [4], [5], avînd energie magnetică de 3—4 ori mai mare decît magnetul izotrop.

Considerînd sistemele magnetice dinamice (întrefier variabil sau variații de curent în bobină etc.), folosirea magneților oxido-ceramici anizotropi în acest sistem devine chiar avantajoasă față de cei de tip Alnico 500, energia lor potențială disponibilă fiind mai mare [9].

Rezultă deci o serie întreagă de calități care justifică introducerea în cele mai variate domenii tehnice a magneților oxidici anizotropi și extinderea domeniilor de aplicație pe măsura îmbunătățirii performanțelor lor magnetice.

*) Ing. *V. Ivaşcu* este şef de laborator la Institutul de cercetări electrotehnice; cand. ştiinţe *M. Rozemberg* şi ing. *L. Cârlan* sînt cercetători principali la ICET.

2. Aspecte teoretice

Ferita de bariu, avînd compoziția chimică $BaO \cdot 6\,Fe_2O_3$, cristalizează în sistemul hexagonal, axul de simetrie hexagonală fiind și direcția de cea mai ușoară magnetizare, după care se orientează spontan momentul magnetic (în absența cîmpului magnetic exterior).

Pentru a roti momentul magnetic cu 90°, trebuie consumată o energie de $3 \cdot 10^6$ erg/cm³, necesară învingerii forțelor de anizotropie magneto-cristalină.

Dacă se creează condiții pentru ca procesul de magnetizare să aibă loc numai prin rotirea momentului magnetic, adică în cazul cînd cîmpul exterior este aplicat după direcția axului hexagonal, se poate obține pentru forța coercitivă intrinsecă ${}_JH_c$ valoarea maximă dată de relația:

$$ {}_JH_c = \frac{2K}{J_s} \approx 16\,000 \text{ Oe}. $$

Caracterul rotațional al procesului de magnetizare se poate asigura în particulele feromagnetice care au dimensiunea inferioară celei critice, adică au un singur domeniu de magnetizare spontană.

La ferita de bariu dimensiunea critică este de aproximativ un micron.

În scopuri practice materialul trebuie compactizat. Compactizarea se face prin presare și tratamentul termic de sinterizare. După condițiile în care se petrec aceste operații, se obține o structură izotropă sau una anizotropă.

În materialele izotrope cristalitele au o orientare haotică din punct de vedere cristalografic.

În cele anizotrope cristalele au axul hexagonal orientat după aceeași direcție. Desigur, între aceste două cazuri-limită se pot întîlni situații intermediare, în care materialul posedă un grad mai redus sau mai avansat de anizotropie.

Aprecieri asupra principalilor parametri magnetici ai magneților izotropi și anizotropi se pot face pe baza următoarelor considerente:

Energia magnetică a magneților izotropi în condițiile cele mai favorabile poate să atingă o valoare egală cu $(BH)_{max} = \pi^2 J_s^2$, ceea ce rezultă din faptul că demagnetizarea materialului izotrop începe încă în cadranul *I*, în domeniul cîmpurilor pozitive.

Valoarea maximă pe care o poate atinge B_r este:

$$\frac{4\pi J_s}{2} = 2\pi J_s .$$

Forța coercitivă ${}_BH_c$ neputînd atinge valori mai mari decît cele a lui B_r, în cazul optim vom avea energia:

$$(BH)_{max} = \frac{B_r \cdot {}_BH_c}{4} = \frac{B_r^2}{4} = \frac{4\pi^2 J_s^2}{4} = \pi^2 J_s^2 .$$

În cazul unui material perfect anizotrop, la care presupunem că demagnetizarea se produce în întregul volum, pentru o valoare negativă a cîmpului ${}_JH_c$, B_r este egală cu inducția de saturație $4\pi J_s$. Dacă ${}_JH_c \geqslant 4\pi J_s$, atunci:

$${}_BH_c = {}_JH_c ,$$

iar

$$(BH)_{max} = \frac{B_r \cdot {}_BH_c}{4} = \frac{4\pi J_s 4\pi J_s}{4} = 4\pi^2 J_s^2 .$$

Această valoare este valabilă pînă în momentul cînd ${}_JH_c$ nu scade sub $2\pi J_s$.

Rezultă deci că în cazul optim energia maximă a magneților anizotropi poate fi de patru ori mai mare decît cea a magneților izotropi.

Faptul că forța coercitivă intrinsecă ${}_JH_c$ este mai mică decît valoarea maximă teoretică nu constituie un impediment în atingerea valorilor ridicate ale energiei magnetice.

Condiția ca ${}_JH_c > 2\pi J_s$ face posibilă reducerea lui ${}_JH_c$ la aproximativ 2 300 Oe, pentru care putem obține încă valoarea maximă posibilă a energiei.

Materialul cu structură anizotropă se poate obține folosind simetria coaxială și puternica anizotropie cristalină a cristalelor de ferită de bariu.

Presupunem că fiecare cristal este omogen (monocristal) și formează un monodomeniu, ca un mic magnet permanent.

Într-un cîmp magnetic uniform, dacă nu există forțe care să le împiedice, cristalele se vor roti în așa fel încît momentul lor magnetic să fie paralel cîmpului magnetic exterior *H*. Cuplul cu care acționează momentul magnetic al particulei asupra rețelei cristaline va fi:

$$M = K \sin 2\theta ,$$

unde θ este unghiul dintre direcția cîmpului și cea a momentului magnetic VJ_s (V este volumul particulei).

Valoarea maximă se obține pentru $\theta = \pi/4$ iar pentru $\theta = 0$ și $\theta = \pi/2$ cuplul va fi nul.

Rezultă că cel mai ușor se vor orienta particulele al căror ax de cea mai ușoară magnetizare face un unghi de 45° cu direcția cîmpului *H*.

Din cele de mai sus rezultă că, pentru orientarea particulelor, este necesar un cîmp magnetic cu o intensitate suficient de mare, rotirea particulelor să nu fie mecanic îngrădită și fiecare particulă să fie un monocristal (altfel se orientează momentul mediu al particulei).

Forma plată cu axul hexagonal pe direcția transversală face ca monocristalele de ferită de bariu să prezinte dificultăți la orientare, putîndu-se împiedica unele de altele.

O mare importanță are efectul sinterizării atît asupra mărimii și orientării cristalelor, cît și asupra densității finale a materialului, factori care contribuie în mod decisiv asupra performanțelor magnetice.

3. Lucrări experimentale

Pornind de la considerentele teoretice arătate mai sus, în vederea obținerii magneților permanenți anizotropi de ferită de bariu, s-au executat o serie de lucrări experimentale, compoziția chimică a feritei de bariu menținîndu-se corespunzătoare formulei: $BaO \cdot 5{,}9\ Fe_2O_3 \cdot 0{,}0352\ Bi_2O_3$; operațiile de amestecare, presinterizare și măcinare fină se execută, la toate probele, în condiții similare.

În etapa aceasta a lucrărilor s-a urmărit influența parametrilor tehnologici la operațiile de

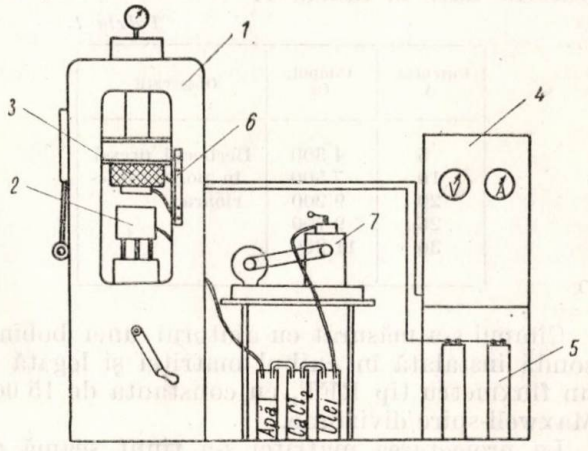


Fig. 1. Schema instalației de orientare și presare în cîmp magnetic:

1 — presă hidraulică; *2* — matriță specială; *3* — bobină pentru magnetizare; *4* — grup redresor; *5* — baterie de condensatoare; *6* — butoane de comandă; *7* — pompă de vid.

orientare și presare în cîmp magnetic, precum și la tratamentul termic final.

3.1. *Utilajul de laborator* folosit este cel obișnuit pentru prepararea pieselor ceramice, cu excepția instalației de orientare și presare în cîmp magnetic, proiectată și executată la ICET și a cărei descriere schematică se indică în figura 1.

3.1.1. *Particularitățile constructive ale instalației de orientare și presare în cîmp magnetic.* Bobina și matrița. La proiectarea bobinei și matriței s-a ținut seamă de necesitatea obținerii unui cîmp magnetic de orientare, puternic și uniform. Matrița, așezată pe un suport de fier moale, împreună cu poansonul servesc la focalizarea liniilor de forță ale cîmpului magnetic în cuibul matriței.

Modul în care lucrează matrița este avantajos procesului de orientare, întrucît, la început cînd pulberea este în suspensie și cristalele au mobilitate mare, cîmpul magnetic este mai redus, poansonul și berbecul presei care închid fluxul magnetic fiind mai îndepărtați. Pe măsură ce coboară berbecul și se elimină astfel apa, mobilitatea cristalelor scade, crescînd în schimb cîmpul magnetic de orientare, și micșorîndu-se întrefierul în urma apropierii poansonului de aruncător, respectiv de fierul moale al suportului matriței.

Intensitatea cîmpului magnetic din interiorul matriței se poate varia prin reglarea curentului de alimentare a bobinei.

Bobina are o carcasă din tub de pertinax, peste care se află înfășurarea din sîrmă de cupru BB Ø 2,5, cu circa 4 200 spire. Rezistența totală a bobinei este de 6 ohmi.

În regim de exploatare se poate aplica o tensiune maximă de 180 V pentru un curent de 30 A.

Cîmpul magnetic în interiorul cuibului matriței prezintă, în funcție de curentul aplicat, valorile date în tabela 1.

Tabela 1

Curentul, A	Cîmpul, Gs	Observații
5	4 300	Berbecul presei în poziția inferioară
10	7 500	
20	9 200	
25	9 700	
30	11 200	

Cîmpul s-a măsurat cu ajutorul unei bobine-sondă instalată în cuibul matriței și legată la un fluxmetru tip RFT, cu constanta de 15 000 Maxwell-spire/diviziune.

La proiectarea matriței s-a ținut seamă de următoarele condiții principale:

a) să se încadreze în circuitul magnetic al bobinei;

b) să se asigure evacuarea treptată a apei și

c) să se poată presa piese cu o densitate inițială suficient de ridicată.

Pentru a corespunde cerințelor de la punctul *a*) cuibul și boltul matriței au fost executate din material nemagnetic, în timp ce aruncătorul și suportul matriței au fost confecționate din oțel asigurînd astfel o mai bună concentrare a cîmpului magnetic în cuibul matriței.

Eliminarea treptată a apei s-a realizat prin adaptarea unui sistem de filtrare cu pînză de filtru așezată pe o placă de oțel ciuruită, prinsă solidar de aruncătorul matriței. Aruncătorul matriței este prevăzut la partea superioară cu canale concentrice care comunică între ele și servesc la colectarea apei absorbită prin pînza de filtru. Evacuarea apei din aruncător se face prin partea inferioară, cu ajutorul unei pompe de vid.

Stabilirea condițiilor optime de orientare și presare în cîmp magnetic s-a făcut în urma studierii influenței următorilor factori tehnologici asupra performanțelor magnetice:

a) raportul dintre cantitatea de ferită și cea de apă;

b) presiunea;

c) intensitatea cîmpului magnetic;

d) parametrii regimului de tratament termic final.

Factorii tehnologici enumerați mai sus au fost studiați pe rînd în condițiile variației unuia dintre ei și menținerii constante a celorlalți.

a) *Influența variației raportului dintre cantitatea de ferită și cea de apă.* Raportul dintre cantitatea de material și cea de apă influențează gradul de orientare a cristalelor deoarece, cu cît este mai multă apă în suspensie, cu atît frecările între cristale se micșorează și particulele au o mobilitate mai mare, putîndu-se orienta mai ușor sub acțiunea cîmpului magnetic.

Lucrînd cu cantități egale de ferită de bariu și variind cantitatea de apă, s-au obținut valorile medii prezentate în tabela 2.

Tabela 2

Cantitatea de apă, cm^3	Densitatea după ardere, g/cm^3	Energia, $(BH)_{max} \cdot 10^6$ GsOe
100	4,72	1,60
120	4,80	1,92
150	4,78	2,1
180	4,80	2,07

Densitatea pieselor după presare a fost de 2,90 g/cm^3.

Din valorile indicate mai sus rezultă că se obține o creștere a energiei magnetice prin creșterea raportului între apă și material. Totuși, la stabilirea cantității optime de apă trebuie ținut seama și de factorii tehnologici ca: volumul posibil al cuibului matriței, posibilitățile de eliminare a unei cantități mai mari de apă, productivitate etc.

b) *Influența variației presiunii.* Menținîndu-se constante raportul între cantitatea de apă și cea de material, cum și întensitatea curentului în bobina de magnetizare, s-au presat epruvete la presiuni diferite.

Presiunea a variat între 75 și 200 at. La presiuni mai mici de 75 at consistența piesei era insuficientă, iar peste 150 at au început să apară stratificări ale materialului. Mărirea presiunii de la 75 la 100 at produce o creștere a densității inițiale (după presare) de la 2,45 pînă la 2,75 g/cm³. Creșterea în continuare a presiunii sporește în mod neînsemnat densitatea.

Epruvetele presate în condițiile arătate mai sus au fost tratate la 1 250° cu un palier de 0,25 ore. S-a obținut o densitate finală (după tratament termic) de 4,7 g/cm³, independent de densitatea inițială, de unde se poate trage concluzia că operația de presare în cazul acestor epruvete se poate face în condiții bune la o presiune de 75—100 at, fără a prejudicia performanțele magnetice ale produsului finit. Presiunea de 100 at, indicată la manometrul presei hidraulice, corespunde unei presiuni specifice de circa 800 kg/cm².

c) *Influența variației intensității cîmpului magnetic.* Stabilirea valorii optime a intensității cîmpului magnetic are o importanță deosebită din punct de vedere tehnologic. În funcție de curentul maxim necesar obținerii cîmpului magnetic dorit, se vor dimensiona atît sursa de curent continuu, cît și bobina de magnetizare.

Experimentarea s-a făcut presînd epruvete la 100 at, menținînd cantitatea de suspensie dozată și raportul dat între material și apă, pentru diferite valori ale curentului în bobina de magnetizare. S-a putut astfel stabili că gradul de orientare nu se mai modifică pentru valori ale intensității cîmpului magnetic mai mari decît 6 000 Oe.

Trebuie precizat că schimbarea atît a gabaritelor matriței, cît și a oricărui element al ansamblului magnetic (suprotul bobinei, presă, poanson) atrage după sine o modificare a intensității cîmpului magnetic din interiorul cuibului matriței, deci impune o nouă experimentare.

d) *Influența variației parametrilor tratamentului termic final.* Tratamentul termic final (sinterizare) are o influență hotărîtoare asupra calității magneților obținuți. După cum reiese din literatura de specialitate [6], [7], [8], [10], în cursul tratamentului termic au loc două fenomene mai importante, și anume: pe de o parte, contracția materialului, deci o creștere a densității, care duce la creșterea inducției remanente B_r, iar pe de altă parte, o creștere a cristalelor, ceea ce duce la o scădere a forței coercitive ${}_BH_c$.

Scopul lucrărilor experimentale este de a stabili regimul optim în care se obține densitatea maxim posibilă fără o creștere excesivă a cristalelor. Pentru aceasta s-au efectuat arderi în plaja de temperaturi între 1 100 și 1 250° C, limite stabilite în cercetările noastre anterioare ca prezentînd importanță practică pentru materialul din ferită de bariu cu adaos de 1,5% Bi_2O_3.

Sub 1 100° C materialul rămîne insuficient tratat, iar peste 1 250° C cristalele crescînd mult peste dimensiunile critice, scad performanțele magnetice sub limitele admisibile pentru aplicații tehnice.

Magneții au fost presați în condiții identice pentru a putea urmări influența exclusivă a tratamentului termic.

Tratamente termice s-au făcut la:

1 100°C cu palier de o oră;
1 150°C cu palier de o oră;
1 200°C cu palier de jumătate de oră și de o oră;
1 250°C cu palier de un sfert, o jumătate de oră și o oră.

Rezultatele măsurătorilor absolute făcute pe epruvete sînt date în tabela 3.

Tabela 3

Nr. probei	Temperatura de tratament, °C	Palier, h	B_r, Gs	${}_BH_c$ Oe	$(BH)_{max}$ 10^6 GsOe
119	1 100	1,00	2 500	2 380	1,44
130			2 950	2 180	1,45
52			2 720	1 950	1,72
53	1 150	1,00	2 700	1 930	1,71
40			2 750	1 930	1,72
61			2 680	1 900	1,70
138			3 080	2 000	1,95
11	1 200	0,50	3 100	1 990	1,95
158			3 050	1 900	1,90
14			3 200	1 910	2,10
99	1 200	1,00	3 030	2 280	2,05
8			2 900	2 005	2,08
134			3 060	2 310	2,14
133	1 250	0,25	2 800	1 850	1,70
139			2 670	1 800	1,65
131	1 250	0,50	2 800	1 750	1,58
136			2 600	1 600	1,50
137			2 630	1 610	1,51
127			2 800	1 380	1,32
125	1 250	1,00	2 745	1 350	1,30

În condiții similare s-au tratat și tori la care s-a măsurat inducția în întrefier, după montarea lor în armături.

Rezultatele acestor măsurători sînt date în tabela 4.

Din tabelele 3 și 4 reiese că rezultatele măsurătorilor inducției în întrefier cît și cele abso-

Tabela 4

Nr. probei	Temperatura de tratament, °C	Palier, h	Inducția în întrefier, Gs
156	1 200	0,50	5 400
157			5 500
158			5 710
90			6 690
113			6 835
46	1 200	1,00	6 285
135			6 285
141			5 620
135	1 250	0,25	5 870
136			5 800
137	1 250	0,50	5 300
121			4 460
125	1 250	1,00	4 100
129			4 550

lute sînt în bună concordanță. La tratamente sub 1 200° C cu palier de o oră, materialul are o forță coercitivă ridicată, însă nefiind suficient tratat prezintă o inducție remanentă relativ

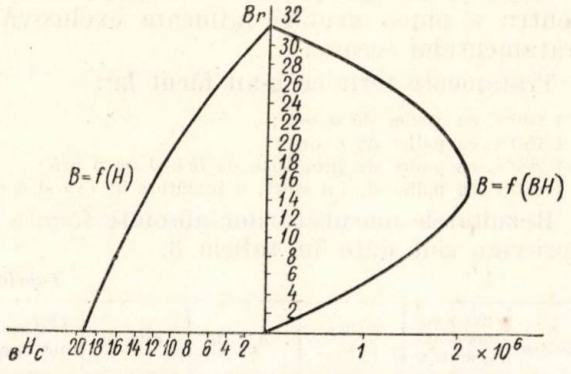


Fig. 2. Curba de magnetizare a probei nr. 14.

scăzută, deci și energia magnetică $(BH)_{max}$ scăzută, ceea ce duce la inducție în întrefier, mai redusă.

Crescînd tempartura de tratament și durata palierului, peste 1 200° C — o oră, cristalele

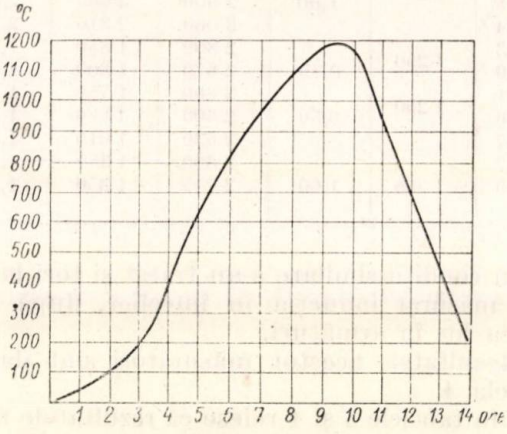


Fig. 3. Diagrama termică pentru tratamentul magneților anizotropi.

cresc și scade în consecință, atît inducția remanentă cît și forța coercitivă, ceea ce duce la scăderea energiei magnetice $(BH)_{max}$ și a inducției în întrefier.

În figura 2 se dă curba de magnetizare a materialului anizotrop tratat conform diagramei din figura 3.

Concluzii

Rezultatele prezentate în această lucrare se referă la prima etapă a cercetărilor noastre în acest domeniu, care au avut ca obiectiv stabilirea condițiilor pentru organizarea unei producții experimentale de magneți anizotropi de ferită de bariu.

Cercetările efectuate au permis realizarea unei instalații experimentale și stabilirea parametrilor acestei instalații.

Magneții anizotropi obținuți prezintă o energie magnetică $(BH)_{max}$ cuprinsă în plaja 2,0—2,5 $\cdot 10^6$ GsOe, ceea ce reprezintă de 3,5—4,0 ori energia magneților izotropi din producția curentă a magneților pentru difuzoare.

Materialul anizotrop realizat se încadrează în limitele performanțelor indicate pentru Ferroxdur III în literatura tehnică de specialitate.

Instalația realizată, experiența cîștigată, cum și rezultatele obținute au asigurat baza cercetărilor în continuare, în vederea obținerii unor performanțe magnetice superioare și a unei tehnologii cu o productivitate sporită.

Încercările efectuate la ICET au servit la elaborarea tehnologiei de fabricație a magneților anizotropi pentru difuzoare permanent dinamice și începerea fabricației experimentale la uzinele „Electronica".

Bibliografie

[1] *Rathenau G., Smit J.* și *Stuijts A.*: Proprietățile feromagnetice ale compușilor hexagonali de oxid de fier fără orientare preferențială. Z. Physik **133** (1954) 1—2, 250—260.

[2] *Fahlenbrach H* și *Heister W.*: Magneți permanenți din oxid de bariu. Arch. Eisenhüttenwesen **24** (1953) 11—12, 523—528.

[3] *Șcepkina L. I.*: Magneți permanenți de ferită de bariu. Naucino-tehniceskii sbornik NJJ (1958) 4.

[4] *Stuijts A., Rathenau G.* și *Weber N.*: Ferroxdur II și III, materiale magnetice permanente anizotrope. Revue Technique Philips **16** (1955) 7 141—147.

[5] *Sixtus K.J., Kronenberg K.J.* și *Tenzor R. E.*: Cercetări asupra magneților de ferită de bariu. J. appl. Phys. **27** (1956) 9, 1051—1057.

[6] *Gordon I.*: Prepararea și proprietățile unui magnet permanent ceramic. American Ceramic Soc. Bull. **35** (1956) 5, 173—175.

[7] *Ivașcu V., Rozenberg M., Tanach V.*: Ccontribuții la studiul magneților permanenți pe bază de ferită de bariu. Comunicare prezentată la Conferința pe țară a electricienilor din noiembrie 1957.

[8] *Ivașcu V., Tanach V.*: Magneți permanenți pe bază de ferită de bariu. Electrotehnica **4** (1956) 10, 447—555.

[9] *Hotop W., Erinkmann K.*: Aplicațiile magneților de ferită de bariu — ETZ — A — **17** (1959) 9, 609—615.

[10] *Șolț N. N.* și *Piscarev K. A.*: „Materiale magnetice oxidice Naucino-tehniceskii sbornik **5** (1958) 19.

Intrat în redacție la 25 februarie 1960.

Documentare

621.313 *Maşini electrice*

CZ 621.313.226

Motor-amplificator de curent continuu. [După I. P. Kopîlov: Elektricestvo **79** (1959) 1, 45—48, 5 fig., 4 ref. bibl.]

În scopul micşorării greutăţii şi costului agregatelor care permit reglarea continuă şi în limite largi a turaţiei, s-a construit un motor-amplificator. Motorul-amplificator constă dintr-un motor şi un amplificator magnetic asamblate în aceeaşi construcţie.

Amplificatorul magnetic se execută pe statorul motorului, care este confecţionat din două pachete de tablă stanţată. Înfăşurările de curent alternativ se montează pe fiecare pachet în parte, iar înfăşurările de comandă şi cele de reacţie îmbrăţişează ambele pachete.

Construcţia este asemănătoare cu aceea a unei amplidine cu premagnetizare. Sarcina amplificatorului în cazul motorului-amplificator este înfăşurarea rotorică a motorului.

Reglarea curentului în indus şi deci a turaţiei motorului se face prin variaţia curentului de comandă. La schimbarea acestui curent se modifică reactanţele înfăşurărilor de curent alternativ, ceea ce conduce la mărirea sau micşorarea curentului redresat care trece prin rotor.

Caracteristica mecanică a motorului-amplificator cu excitaţie independentă este o caracteristică rigidă. Caracteristici mai elastice se pot obţine prin folosirea unei reacţii reglabile.

Coeficientul care caracterizează calitatea motorului-amplificator este coeficientul de amplificare de putere definit ca raportul puterii la arbore şi a puterii în înfăşurarea de comandă (K_p) K_p este determinat de coeficientul de amplificare al amplificatorului magnetic.

Motorul-amplificator are un randament mai ridicat decît grupul generator-motor. Randamentul lui este definit ca produsul a trei randamente: al amplificatorului magnetic, al redresorului şi al motorului.

În afară de randament, motorul-amplificator mai are o serie de avantaje faţă de grupul generator-motor: există numai o maşină, micşorarea numărului de perii de două ori.

Ca dezavantaj se aminteşte acela al imposibilităţii recuperării prin frînare.

Motorul-amplificator poate fi executat după diferite scheme. Motorul-amplificator nereversibil se execută cu reacţie negativă.

Motorul-amplificator se porneşte direct de la reţeaua de alternativ, curentul de comandă fiind nul.

La puteri mai mari de 1 kW este recomandabil să se folosească amplificatoare trifazate.

Atunci cînd este necesară schimbarea sensului de rotaţie se recomandă, cînd nu dorim să schimbăm sensul curentului de comandă, folosirea schemelor diferenţiale sau în puncte de conectare a amplificatorului magnetic.

Sînt date caracteristicile unui tip experimentat. De asemenea se dau indicaţii de proiectare a statorului motorului-amplificator pe care se execută amplificatorul magnetic. Se arată influenţa pe care o are fluxul de reacţie a indusului.

G.N.

CZ 621.313.333.025.3 : 621.3.013.62

Autoexcitarea unei maşini asincrone polifazate [După E. Juillard: Bull. ASE **50** (1959) 5, 185—191, 5 fig.]

Echiparea unui motor asincron cu condensatoare pentru, îmbunătăţirea factorului de putere (cos φ) poate fi sursa unor fenomene de autoexcitaţie a maşinii atunci cînd întreruptorul, montat înainte de bateria de condensatoare, se deschide. În acest caz bateria rămîne încărcată, iar tensiunea ei este suficient de mare pentru a trece funcţionarea maşinii în regim de generator. Valoarea tensiunii de la bornele maşinii poate fi mai ridicată decît a tensiunii ei nominale, ceea ce creează pericol atît pentru maşină cît şi pentru personal.

Fenomenul se studiază analitic, plecînd de la regimul staţionar produs de o sursă de tensiune sinusoidală şi ajungînd la ecuaţiile generale ale sistemului; se analizează regimul tranzitoriu.

Se menţionează precauţiile ce trebuie luate pentru a evita autoexcitarea maşinii.

Fl. T.

CZ 621.313.333 :621.34

Despre lărgirea domeniului de folosire în industrie a motoarelor asincrone. [După I. A. Siromiatnikov: Vestn. Elektroprom. **31** (1960) 1, 70—71.]

Electromotoarele sincrone cu cos φ = 1 sînt mai economice decît electromotoarele asincrone echipate cu condensatoare statice (tot pentru cos φ =1). De aceea, se arată că folosirea electromotoarelor asincrone este justificată numai din considerente tehnico-economice din exploatare.

Pentru ieftinirea şi simplificarea exploatării se cere folosirea pe scară largă a sistemelor statice de excitare a electromotoarelor sincrone (compoundare cu redresoare semiconductoare).

Se consideră cu caracter de perspectivă folosirea electromotoarelor sincrone neavînd catod în circuitul de excitaţie.

Pentru lărgirea folosirii electromotoarelor sincrone se cere în primul rînd mărirea nivelului actual al producţiei. Cu toate că electromotoarele asincrone — cu puteri pe unitate mai mari de 100 kVA — în U.R.S.S. în anul 1958, s-au produs pentru o putere totală de 1,5 milioane kVA, se consideră că această producţie trebuie mult mărită.

Pentru aceasta se preconizează o serie de măsuri tehnico-organizatorice.

A.B.

CZ 621.313.13 – 181.4

Noile serii unitare de micromotoare ale R.D.G. [După G. Zöppel: Elektrie **13** (1959) 11, 421 — 425, 7 fig., 3 tab., 10 ref. bibl.]

În R.D.G. nu a existat pînă acum o serie unitară de micromotoare, ci o diversitate de tipuri. Pentru unificare s-au respectat următoarele prevederi: a) standardizarea şi unificarea pieselor şi subansamblurilor prin folosirea elementelor interşanjabile şi a unei scări obligatorii de puteri; b) trecerea la producţia de mare serie prin automatizare şi mecanizare; c) ameliorarea tehnologiei; d) reducerea greutăţii pe unitatea de putere prin mai buna folosire a materialului activ şi prin reducerea materialului inactiv, fără însă a micşora sensibilitatea motoarelor faţă de solicitările grele sau a le micşora durata de viaţă.

Au fost dezvoltate următoarele tipuri de micromotoare unitare:

motoare cu colector de tipurile:
a) motoare serie;
a_1) pentru curent alternativ;
a_2) universale;
b) motoare derivaţie de curent continuu;
motoare de inducţie de tipurile:
c) motoare trifazate cu rotorul în colivie;
motoare monofazate de curent alternativ cu pornire proprie;
d_1) cu condensator de funcţionare:
d_2) cu condensator de funcţionare şi condensator de pornire deconectabil;
d_3) cu condensator de funcţionare deconectabil.

Seria motoarelor universale cuprinde şase diametre exterioare ale tolelor şi este construită după sistemul celor trei lăţimi. Întrucît puterea maximă a micromotoarelor este 250 W raportată la 3 000 rot/min), diametrului exterior maxim al tolelor îi corespund numai două lăţimi ale pachetului de tole. Seria motoarelor derivaţie de curent continuu derivă din precedenta, dar treptele puterilor nu sînt atît de fine. Tensiunile nominale sînt 110 şi 220 V. Nu au fost prevăzute turaţii sub 3 000 rot/min. Motoarele pentru 12 şi 24 V au rezultat din motoarele derivaţie pentru 110 şi 220 V. Seria motoarelor de inducţie este construită după sistemul celor două lăţimi şi foloseşte tole cu diametrele exterioare 75, 87, 104 mm, întîlnite şi la motoarele cu colector. Toate rotoarele acestei serii sînt echilibrate dinamic. Statoarele motoa-

relor trifazate sînt construite pentru 220/380 V şi 50 Hz. Motoarele monofazate sînt proiectate pentru 220 V şi 125 V. Pentru pornirea motoarelor cu fază auxiliară este prevăzut un releu de intensitate. Subansamblurile au fost concepute pentru a putea servi şi la alte tipuri de micromotoare.

A.S.

CZ 621.313.333.001.24 : 518.5

Dimensionarea motoarelor asincrone cu ajutorul maşinilor de calcul analogice. [După W. Güttinger: Bull. ASE **50** (1959) 20, 976—978, 3 fig.]

După ce se arată că la determinarea mărimilor caracteristice ale motoarelor asincrone din cadrul sistemelor dinamice complexe este necesar să se piardă mult timp, autorul indică o cale rapidă pentru rezolvarea problemei cu ajutorul meselor de calcul. Maşinile de calculat analogice permit, dat fiind posibilitatea simulării fiecărui element real, verificarea influenţei pe care o are variaţia unuia dintre parametri asupra tuturor celorlalte mărimi. Ca urmare, aceste maşini de calculat sînt indicate şi recomandate de autor spre a se folosi scopului propus. În articol se mai studiază şi cazul unei prese care trebuie accelerată, iar după furnizarea energiei de deformare plastică, se frînează. Se explică modul de folosire a maşinii analogice de calculat şi schema ei de funcţionare pentru calculul caracteristicilor motorului asincron.

A.C.

CZ 621.313.322—755.044.3

Echilibrarea rotoarelor nerigide. [După V. A. Zenkevici: Vestn. Elektroprom. **30** (1959) 8, 50—55, 7 fig., 4 ref. bibl.]

După ce se arată că echilibrarea dinamică a rotoarelor turbogeneratoarelor de mare putere de ordinul a sute de MW, ridică o serie de probleme insuficient lămurite din punct de vedere teoretic, autorul expune dificultăţile care intervin din punct de vedere practic la o asemenea echilibrare. Se indică apoi o nouă metodă pentru determinarea dezechilibrărilor repartizate pe lungimea rotorului nerigid, indicîndu-se posibilităţile de înlăturare. Se pun bazele teoretice ale metodei propuse şi se face o aplicaţie. Se determină numărul şi poziţia maselor concentrate, echivalente repartiţiei continue a sarcinilor în sistemele ideale, apoi se trece la determinarea vitezei recomandată a se folosi la operaţiile de echilibrare. Specificul metodei constă în deducţia că graficele care arată neuniformitatea sarcinilor şi încovoierile dinamice provocate de acestea sînt de aceeaşi formă. Elementele care arată corespondenţa între ambele curbe sînt stabilite pe cale experimentală. Metoda propusă permite folosirea mai multor planuri de echilibrare, obţinîndu-se astfel o mare precizie de echilibrare, fără a se mări totuşi numărul pornirilor de probă şi al ecuaţiilor de rezolvat.

A.C.

CZ 621.313.14—752

Zgomotul magnetic la motoarele mici universale cu colector. [După N. V. Astahov: Elektricestvo **80**(1959)1, 40—44, 7 fig.]

Cauzele principale ale zgomotului magnetic al maşinilor electrice sînt deformaţiile detaliilor lor sub influenţa forţelor condiţionate de cîmpul magnetic.

Analiza acestor forţe, mijloacele de micşorare a zgomotelor provocate de aceste forţe în maşinile mici universale cu colector fac obiectul lucrării prezentate.

Se determină în primul rînd forţele şi momentele care acţionează asupra polilor. La maşinile cu poli aparenţi, forţele magnetice fac să vibreze polii şi carcasa. Se determină mai întîi forţa care acţionează asupra unei suprafeţe elementare, apoi considerîndu-se permeabilitatea fierului infinită faţă de cea a aerului se stabileşte că forţa este perpendiculară pe suprafaţa elementară. Componentele acestei forţe fac să apară eforturi de întindere şi compresiune şi momente de încovoiere faţă de un sistem de referinţă ales. Sînt determinate expresiile componentelor şi momentelor pe cale analitică.

Se analizează apoi influenţa înclinării crestăturilor rotorului, arătîndu-se că înclinarea crestăturilor polilor se poate reduce la înclinarea crestăturilor rotorului.

Se arată că folosindu-se crestături înclinate după o linie dreaptă nu este posibil să se elimine în acelaşi timp toate forţele şi momentele, dar că înclinîndu-se crestăturile rotorului cu un număr întreg de paşi dentari, componentele forţei elementare se elimină complet, iar momentele de încovoiere după două axe ajung la valori mici, cel de pe a treia axă eliminîndu-se complet.

Experienţa arată că influenţa cea mai mare o au tocmai forţele şi momentele care se anulează prin înclinarea crestăturilor rotorului cu un număr întreg de pasuri de crestătură.

S-au făcut experimentări şi se dă curba nivelului de zgomot funcţie de coeficientul înclinării crestăturilor pentru motorul de maşini de găurit de tip E-65 cu putere de 25 W. Din curbă rezultă, ca şi din calculul analitic, că nivelul zgomotului scade atunci cînd înclinarea crestăturii este făcută cu un număr întreg de pasuri de crestătură.

Însă, cu creşterea coeficientului de înclinare cresc pierderile în fier şi scăpările şi, de asemenea, factorul de utilizare a crestăturilor se înrăutăţeşte.

G.N.

CZ 621.313.223 : 621.314.652.2 : 621.3

Calculul caracteristicilor statice de viteză ale motoarelor comandate cu redresor cu grilă. [După E. N. Zîmin Electricestvo **79** (1959) 12, 39—46, 6 fig., 2 ref bibl.]

Se descrie schema acţionării nereversibile a unui electromotor comandat cu redresor cu grilă. Motorul de curent continuu cu excitaţie separată se alimentează de la un redresor cu mercur. Pentru înlăturarea pulsaţiilor tensiunii redresate şi asigurarea funcţionării în regim continuu, se introduce la intrarea în catodă o reactanţă limitatoare. Semnalele care se compară se transmit la intrarea dispozitivului de comandă al redresorului, care constă din trei părţi principale: amplificatorul care însumează şi amplifică semnalul, regulatorul de fază care reglează unghiul de comandă al redresorului în funcţie de semnal şi sistemul de alimentare a grilelor. Valoarea unghiului de comandă al redresorului determină viteza de rotaţie a motorului. Pentru calculul caracteristicilor de viteză ale sistemului închis, trebuie cunoscută relaţia dintre unghiul de comandă al redresorului şi semnalul rezultant. În sistemele de acţionare cu redresoare comandate pe grilă se folosesc diferite dispozitive compuse din regulatoare de fază, transformatoare de impuls etc. Schema de comandă descrisă este construită din trei punţi regulatoare de fază cu reactanţe saturabile în braţele inductive şi transformatoarele corespunzătoare de impuls care creează impulsuri cu front abrupt pe grilele redresorului. Însumarea şi amplificarea semnalelor de intrare se efectuează cu ajutorul unui amplificator magnetic cu mai multe înfăşurări de comandă şi o înfăşurare de deplasare. După analizarea matematică a schemei se iau în discuţie cîteva variante de scheme automate şi anume: schema cu reacţie negativă de viteză, schema cu reacţie negativă de tensiune şi pozitivă de curent, schema cu reacţie negativă de viteză şi pozitivă de curent.

La sfîrşit se dă un exemplu de calcul în care se arată cum se efectuează alegerea coeficienţilor de reacţie şi trasarea caracteristicilor statice.

S.S.

621.314 *Transformarea energiei electrice*

CZ 621.314.222.8 : 621.319.48

Transformatoare de tensiune capacitive. [După H. Kahnt: Elektr. Z.—B., **11** (1959) 12, 476—479.]

Utilizate de mai multe decenii pentru măsurarea tensiunilor înalte, modul lor de folosire consta în a măsura tensiunea U_2 dintre ultimele două straturi ale condensatorului şi a calcula apoi tensiunea totală U_1 din raportul capacităţii parţiale C_2 faţă de capacitatea totală $C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$. Eroarea de măsurat, care provine din consumul de putere al voltmetrului se poate elimina prin diferite sisteme, dintre care, sînt descrise metoda schemei cu rezonanţă (adăugarea unui transformator intermediar inductiv înaintea voltmetrului) şi metoda sursei de tensiune echivalentă, la care se obţine

ca cele două căderi de tensiune provenite, una de la două condensatoare (C_1C_2) şi alta de la două inductivităţi ($L = L_1 + L_2$), să se anuleze una pe alta în anumite condiţii şi anume dacă $\omega_0^2 = \frac{1}{L(C_1 + C_2)}$, unde ω_0 este frecvenţa nominală a circuitului. Astfel, consumul de putere al voltmetrului devine nul.

Urmează indicaţii constructive ale modelelor de transformatoare realizate în diferitele ţări, insistîndu-se şi asupra cazului cînd linia serveşte şi la instalaţiile de unde purtătoare. După unele amănunte în legătură cu execuţia diferitelor părţi componente ale complexului de măsurat sînt discutate — prin comparaţie cu transformatoarele inductive de măsură — condiţiile de exploatare. Se arată astfel că, în cazuri de trăsnet sau în cazul străpungerii unui element de condensator (caz comparabil cu scurtcircuitarea unei spire la transformatorul inductiv) este de preferat transformatorul capacitiv, care, în schimb este mai sensibil la supratensiuni de frecvenţa reţelei şi la scurtcircuitarea bobinajului secundar (de măsură).

Articolul încheie cu consideraţii asupra costului transformatorului capacitiv, arătîndu-se că la tensiuni mai mari de 110 kV acest transformator este mai ieftin decît cel inductiv. După enunţarea cîtorva dezavantaje ale transformatorului capacitiv se trage concluzia că utilizarea lui este de preferat la tensiuni mai mari de 110 kV şi mai ales atunci cînd el serveşte şi instalaţiei de unde purtătoare.

G.C.

CZ 621.314.671 : 621.365.22

Convertizor ionic de frecvenţă 0,5—2 Hz pentru instalaţie de amestecare electromagnetică a metalelor în cuptoare cu arc. [După N. S. Siunov: Electriscestvo **80** (1959) 11, 41—43, 5 fig.]

Primul cuptor cu arc cu amestecarea electromagnetică a metalului topit a fost făcut în U.R.S.S. în anul 1956. Sub vatra acestui cuptor s-a instalat un stator sub formă de arc, ale cărui înfăşurări s-au alimentat cu un curent bifazat de frecvenţă joasă (0,5—2 Hz). Cîmpul magnetic creat de stator induce în metalul topit curenţi turbionari care, în interacţiune cu cîmpul statorului, dau naştere la cupluri mecanice care amestecă metalul topit.

Pentru obţinerea frecvenţei joase este necesar un convertizor, de a cărui alegere raţională depinde stăbilitatea şi siguranţa în funcţionare a întregii instalaţii. În prima instalaţie s-a folosit un convertizor format din 18 maşini electrice diferite, care desigur nu prezintă o siguranţă suficientă în exploatare şi de aceea s-a trecut la studierea unei scheme ionice.

Schema are 12 tuburi împărţite în două grupe de cîte şase, legate după schema trifazată în contratimp. Cîte trei tuburi din cele două grupe conduc într-o jumătate de perioadă a frecvenţei joase; celelalte trei sînt blocate prin grilă. De aceea, este necesar să se asigure o comandă independentă pentru fiecare trei tuburi printr-un fazoregulator static. Fiecare grupă din şase tuburi alimentează o fază a statorului bifazat.

Pentru obţinerea unei tensiuni sinusoidale se foloseşte un selsin-reostat care alimentează înfăşurările de premagnetizare ale fazoregulatorului. Parametrii selsinului reostat sînt aleşi astfel încît curba de variaţie a curentului de premagnetizare să corespundă unei caracteristici precise $I_\mu = f(\alpha)$ a fazoregulatorului static, care să asigure un curent sinusoidal tuburilor convertizorului. Valoarea iniţială a unghiului de reglaj se stabileşte cu ajutorul înfăşurării de polarizare a fazoregulatorului static. Selsinul reostat se alimentează prin inele de la un redresor cu seleniu, iar de la colector se obţine o tensiune alternativă cu o frecvenţă proporţională cu turaţia, însă mărimea acestei tensiuni nu depinde de frecvenţă. Pe colectorul selsinului reostat sînt două perechi de perii decalate cu 90°, ceea ce permite decalarea în timp cu 90° electrice a curenţilor care alimenteaza înfăşurările statorului.

Selsinul reostat este pus în mişcare de un motor de curent continuu de 20 W. Selsinul reostat alimenteaza fazoregulatorul cu un curent I_μ care variază după o sinusoidă. În funcţie de I_μ variază unghiul α de aprindere a tuburilor. Grupele de tuburi sînt alimentate de la un transformator. Cu această schemă s-a obţinut un curent de 2 000 A cu o frecvenţă de 0,5—2 Hz. Tubul folosit este un tub cu mercur de tip PMHB-1000×12 cu 12 anode izolate, cu patru grile independente. Creşterea puterii instalaţiei se poate face mărindu-se puterea şi tensiunea transformatorului de alimentare. O astfel de instalaţie poate alimenta şi două cuptoare simultan.

G.N.

621.315.6 *Materiale izolante*

CZ 621.315.616.97 : 621.314.222.3

Folosirea izolaţiei turnate pe baza compoundului MBK-1 pentru transformatoarele de măsură de tensiune. [După I. A. Kozlov, A. L. Poliakov şi S. L. Sokolova: Vestn. Electroprom. **31** (1960) 2, 12—17, 5 fig., 5 refl. bibl.]

Se prezintă caracteristicile dielectrice ale compoundului MBK-1. Rigiditatea dielectrică pentru grosimi între 0,2—0,3 mm, 50 — 70 kVef/mm; ε la 20°C = 3,8; tg δ = 0,07.

Se menţionează că nu toate materialele folosite în construcţia transformatoarelor de măsură obişnuite pot fi întrebuinţate în construcţia turnată. Astfel, conductorii emailaţi, banda lăcuită, cauciucurile naturale şi alte cîteva materiale suferă determinări parţiale şi la rîndul lor influenţează negativ asupra compoundului însuşi.

Noile tipuri de transformatoare de măsură cu izolaţie turnată, pentru interior -NOK-6, NOK-10 şi NOK-15- sînt în construcţie monofazată cu două bobinaje şi cu răcire naturală cu aer. Părţile esenţiale ale acestor transformatoare sînt: miezul magnetic şi bobinele cu izolatoarele. Miezul se confecţionează din oţelul laminat la rece de tipul E 310. Bobinajele se impregnează în întregime în răşină, la fel şi izolatoarele.

Calitatea impregnării bobinajelor cu răşini MBK-1 se determină prin variaţia tg δ în funcţie de tensiune, la temperaturile de 20 şi 50°C. Se constată că bobinajele cu izolaţie între straturi din hîrtie creponată îşi menţin constantă valoarea tg δ pînă la tensiuni de circa trei ori tensiunea nominală, spre deosebire de cele care folosesc hîrtia de cablu, unde tg δ creşte brusc la 0,8 U_{nom}.

În continuare se prezintă încercările tg δ în funcţie de temperatură.

A.B.

CZ 621.315.616.96/97

Compounduri epoxidice de turnare. [După A. V. Kovalskaia: Vestn. Elektroprom. **31** (1960) 2, 1—6, 7 fig.]

Se apreciază că răşinile epoxidice sînt cele mai indicate pentru ermetizarea şi compactizarea bobinajelor. Calitatea răşinilor epoxidice de a se solidifica fără degajare de produse secundare şi cu mici contracţii, la fel rigiditatea dielectrică şi mecanică ridicată, rezistenţa sporită la umiditate şi pierderile dielectrice mici explică larga lor folosire.

Se prezintă o serie de răşini epoxidice cu următoarele caracteristici dielectrice: $\rho_v = 10^{14} - 10^{15}$ Ω cm; $\rho_s = 10^{14} - 10^{15}$, $\varepsilon = 3{,}7 - 6$; tg δ (la 50 Hz) = $2.10^{-2} - 6.10^{-3}$; $E = 50 - 55$ kV/mm. Caracteristicile fizico-chimice sînt următoarele: $\gamma = 1{,}7 - 1{,}8$ g/cm³; punctul de congelare = — — 40°C; punctul de înmuiere = 90—100°C.

Se arată că prin menţinerea îndelungată a răşinilor la temperaturi pînă la 120°C, tg δ nu depăşeşte valoarea $2 \cdot 10^{-2}$. Rigiditatea mecanică a compoundurilor KEP-1 şi KE-2 — la încercarea de mai sus — rămîne neschimbată. Dintre răşinile epoxidice studiate, tipul KE-2 are cel mai redus coeficient de absorbţie a apei, respectiv 0,07 g/dm² (după menţinerea în apă timp de 130 zile).

A.B.

CZ 621.315.62

Comportarea izolatoarelor acoperite cu un strat de protecţie din silicon. [După E. I. Conner şi D.A. Lntz: Elektr. Z.—B. **11** (1959) 10, 428.]

Pentru evitarea descărcărilor de suprafaţă la izolatoarele murdărite de praf industrial se introduce tot mai mult ungerea izolatoarelor cu unsoare de silicon, care se caracterizează prin efectul ei hidrofob. Într-o staţiune de încercare

s-a constatat prin măsurarea curenţilor de suprafaţă, că valoarea de izolaţie a unui astfel de strat (de consistenţa vaselinei) se menţine timp de un an. Efectul constă în faptul că vaselina îmbracă treptat părticelele de praf depuse şi le izolează. Ungîndu-se izolatoarele dintr-o reţea cu un strat de circa 0,8 mm, acesta a rezistat la diferitele categorii de praf (ciment, chimicale etc.) timp de un an şi chiar mai mult, în timp ce izolatoarele neunse trebuiau şterse sau suflate săptămînal. Vaselina de silicon se aplică cu o perie, la temperatura de 20—30°C. În cazul prafului de ciment, ungerea izolatoarelor prezintă şi avantajul că evită curăţirea cu bureţi de oţel sau cu alte asemenea mijloace. Deoarece prin tratamentele cunoscute pînă acum, puterea de izolaţie a izolatoarelor nu putea fi menţinută mai mult de trei luni, autorii propun încercarea noului sistem pe o scară mai largă.

G.C.

CZ 621.315.616 : 621.365.92

Încălzirea prin inducţie în industria materialelor plastice. [După H. Drapier: Bull. de la Soc. franc. Électric. **9** (1959) 99, pag. 155—163, 7 fig.]

Autorul sintetizează principalele lucrări efectuate în străinătate în acest domeniu. După ce face o trecere în revistă a categoriilor de mase plastice, accentuînd asupra modului lor de prelucrare, se trece la încălzirea prin inducţie. Se arată avantajele generale ale încălzirii prin inducţie faţă de celelalte sisteme de încălzire. În cazul formării maselor plastice prin injecţie, compresiune sau prin transfer, sînt arătate avantajele încălzirii prin inducţie faţă de încălzirea prin rezistenţe, care în momentul de faţă predomină, dîndu-se valori comparative asupra preciziei de reglaj incomparabile şi a consumurilor de energie necesare.

În continuare, sînt arătate aplicaţiile încălzirii prin inducţie la extinderea maselor plastice, indicînd şi cele mai uzuale tipare de extindoare (maşini pentru extindere).
În încheiere sînt arătate diferite aplicaţii, cum ar fi încălzirea răşinilor sintetice, încălzirea matriţelor de formare, încălzirea la sudarea materialelor termoplastice, la acoperirea firelor şi a plăcilor metalice prin materiale termoplastice, cum şi la încălzirea cilindrilor de laminare şi a calandrilor

N.B.

CZ 621.315.616.96 : 621.317.333.6

Despre variaţia rezistivităţii plastificatorului policlorurii de vinil în funcţie de temperatură. [După I.N. Van-Gaut: Vestn. Elektroprom. **31** (1960) 2, 27—30, 5 fig., 2 tab., 6 ref. bibl.]

Se prezintă metodica experimentărilor. Se folosesc epruvete cu dimensiunile 120 × 140 mm şi grosimi între 1—25 mm. Tensiunea de încercare 370 V. Măsurarea valorii ρ_v între mărimile 10^9—10^{12} Ω cm se efectuează la schema cu galvanometrul cu oglindă, iar între mărimile 10^7—10^8 Ω cm cu ohmmetrul tip M—218. Gama de temperaturi este de la — 5...+ 100°C.

Rezultatele încercărilor arată că pentru plastificatorii policlorurii de vinil, variaţia $\lg \rho_v = f\left(\frac{1}{T}\right)$ în domeniul de temperaturi de la (—5°) la 100°C are un caracter liniar. Pentru diferite grupe de plastificatoare ale unei reţete se diferenţiază valorile respective ale ρ_v pentru o aceeaşi temperatură rămînînd constantă valoarea coeficientului $\lg \rho_v = f\left(\frac{1}{T}\right)$.

A.B.

621.317 *Măsuri electrice*

CZ 621.317.42 : 538.632

Dispozitive bazate pe efectul Hall. [După W. J. Grubbs Bull Syst. Techn. J **38** (1959) 3, 853—876, 15 fig., 28 ref. bibl.]

După ce se arată în ce constă efectul Hall, autorul indică o serie de aparate şi aplicaţii care se pot face folosind acest efect. Apariţia unei tensiuni electrice transversale pe o fişie de material conductor străbătut de curent şi supuse unui cîmp magnetic perpendicular (efect Hall) este utilizată în multiple aplicaţii pe care autorul le grupează în două categorii:

1. Dispozitive cu cîmp magnetic constant şi
2. Dispozitive cu cîmp magnetic produs de semnal.

Printre dispozitivele bazate pe efectul Hall se includ în prima categorie giratorul, amplificatorul cu rezistenţă negativă şi circulatorul, iar pentru categoria a doua se menţionează: comutatorul, traductorul, măsurătorul de cîmp magnetic, modulatorul, multiplicatorul analogic şi altele. Toate dispozitivele menţionate pot funcţiona de la frecvenţa zero la cîteva mii de MHz.

A. C.

CZ 621.317.727.078 : 621.316.722.1

Stabilizator pentru alimentarea schemelor de măsură a potenţiometrelor automate. [După V. V. Korotaev: Izmeritelnaia tehnica (1959) 7, 27, 1 fig.]

Aparatul este indicat pentru alimentarea schemelor automate de măsură, în acele cazuri în care este nevoie de o stabilizare a tensiunii de ordinul 0,1—0,5%. Alimentarea lui se face de la o reţea de 220 V, avînd o tensiune de ieşire de circa 1 V, iar rezistenţa de sarcină 42 Ω. Stabilizatorul constă din două cascade legate între ele printr-un redresor cu filtru de atenuare. Se descriu cele două cascade ca şi celelalte elemente constitutive ale schemei, indicîndu-se şi valorile lor. Stabilizatorul a fost folosit cu rezultate bune; valoarea medie aritmetică a tensiunii de ieşire a stabilizatorului la schimbări simultane ale tensiunii reţelei de ±15%, a frecvenţei cu 1% şi a temperaturii de la 17°C la 30°C a fost 0,9554 V. La schimbarea mediului ambiant de la 15°C la 45°C, tensiunea de stabilizare se schimbă cu 0,3%; la schimbarea tensiunii reţelei în limitele 180—260 V şi temperatura mediului înconjurător 20°C, tensiunea de ieşire a stabilizatorului nu s-a schimbat, fiind chiar valoarea nominală a aparatului.

Fl. T.

621.318 *Aplicaţiile electrotehnice ale magnetismului*

CZ 621.318.423.011

Teoria amplificatoarelor magnetice cu autosaturaţie. [După E. Pio: Bull. de la Société francaise des Electriciens **9** (1959) 101, pag. 256—264, 23 fig.]

Se dă teoria amplificatoarelor magnetice cu autosaturaţie care, spre deosebire de celelalte tipuri, au un randament destul de bun şi poate acoperi o gamă largă de puteri. Utilizarea acestor ampilificatoare este limitată numai de constanta lor de timp, care este mai mare decît la celelalte tipuri.

Pornindu-se de la un montaj schematic al amplificatorului cu autosaturaţie se definesc elementele de bază care vor interveni în relaţiile de calcul. Montajul se compune dintr-un tor feromagnetic pe care se găsesc două înfăşurări. Una din înfăşurări înseriată cu redresorul, rezistenţa de sarcină şi sursa de alimentare cu o tensiune sinusoidală, formează circuitul de utilizare. Cealaltă înfăşurare, alimentată de la o tensiune continuă, formează circuitul de comandă.

Considerîndu-se curba de magnetizare a torului de formă dreptunghiulară, redresorul idealizat şi neglijîndu-se efectul de demagnetizare a curenţilor turbionari, se explică în mod riguros principiile de funcţionare a ampiificatoarelor cu autosaturaţie. În continuare, ţinîndu-se seamă de efectul curenţilor turbionari şi luîndu-se o curbă de magnetizare de formă trapezoidală, se determină factorii de amplificare precum şi caracteristica ideală a amplificatorului. Luîndu-se în considerare curentul invers al redresorului (curentul al cărui efect se adaugă la cel de comandă) şi rezistenţa circuitului de comandă, se deduce forma caracteristicii reale a amplificatorului ca şi factorii de amplificare pentru care se obţin şi condiţiile corespunzătoare unor valori maxime.

În partea a doua se face analiza montajelor formate prin cuplarea a două amplificatoare cu autosaturaţie, montaje care permit obţinerea la utilizare a unui curent alternativ. Caracteristica ansamblului de amplificatoare tinde a se confunda cu caracteristica ideală a circuitului de bază considerat singur.

În încheiere se dă un exemplu de calcul al unui amplificator magnetic cu două circuite magnetice, folosindu-se relaţiile de calcul deduse. Valorile experiemtale obţinute au corespuns întrutotul celor reieşite din calcul.

N. B.

Recenzii

M. P. TIHOMIROV: **Calculul transformatoarelor pentru cuptoarele electrice cu arc.** Gosenergoizdat, Moscova-Leningrad, 1959, 1 vol., 208 pag., 92 fig., 41 tab., 9 ref. bibl.

CZ 621.314.2 : 621.365.213(021)

Transformatoarele pentru alimentarea cuptoarelor electrice prezintă o serie de particularităţi date de condiţiile speciale de funcţionare a cuptoarelor. Metodele pentru calculul acestor transformatoare se deosebesc în esenţă de metodele de calcul ale transformatoarelor normale de putere, în special în ceea ce priveşte alegerea dimensiunilor principale şi calculul înfăşurărilor.

Transformatoarele pentru alimentarea cuptoarelor electrice sînt constituite sub formă de agregate care cuprind: transformatorul propriu-zis, reactanţa limitatoare de curent, comutatoarele şi mecanismele de acţionare pentru reglarea tensiunii transformatorului.

În capitolul I se tratează particularităţile de proiectare. Fără a se recurge la clasificarea acestor transformatoare în funcţie de destinaţia cuptoarelor deservite, ele sînt împărţite — după modul de transformare a energiei electrice în energie calorică — în două grupe: grupa pentru deservirea cuptoarelor cu rezistenţă şi grupa pentru deservirea cuptoarelor cu arc; aceastâ din urmă grupă prezintă cele mai multe particularităţi care au repercusiuni asupra construcţiei şi regimului de funcţionare a transformatorului de alimentare. Aceste transformatoare cu putere pînă la 25 000 kVA se racordează cu partea de înaltă tensiune la reţea, prin intermediul reactanţei limitatoare de curent (pînă la 8 000 kVA), iar conductoarele care fac legătura între înfăşurarea de joasă tensiune şi electrozii cuptorului sînt constituite din numeroase bare de cupru de secţiune mare.

Prezenţa arcului în circuitul exterior al înfăşurării de joasă tensiune are o influenţă mare asupra construcţiei sale. Pentru menţinerea unui regim normal de ardere a arcului, înfăşurarea de joasă tensiune nu trebuie să depăşească 400 V nici la transformatorul de 25 000 kVA, în care caz se obţin curenţi foarte mari care pot depăşi 35 000 A. Pentru aceste cazuri, este necesar ca înfăşurarea de joasă tensiune a transformatorului să fie constituită dintr-un număr mare de grupe în paralel.

Din cercetarea condiţiilor de funcţionare a transformatoarelor pentru alimentarea cuptoarelor cu arc, se desprind următoarele particularităţi, care le deosebesc de transformatoarele normale de putere:

a) curenţi mari în înfăşurarea de joasă tensiune;

b) tensiune mare de scurtcircuit, astfel încît impedanţa interioară a transformatorului împreună cu reactanţa limitatoare de curent să nu permită depăşirea curentului nominal de peste patru ori în caz de scurtcircuit;

c) stabilitatea mecanică sporită, pentru a putea rezista la şocurile frecvente de curent cauzate de scurtcircuite;

d) posibilităţi de reglare în limite largi a tensiunii;

e) supratemperaturi reduse ale bobinajului, miezului şi uleiului faţă de temperatura mediului ambiant.

În capitolul II se indică metodele de predeterminare a dimensiunilor miezului magnetic şi înfăşurărilor, modul de determinare a mărimilor electrice şi dispoziţia bobinelor. În imediata apropiere a grupului se dispun subgrupele extreme ale înfăşurării de joasă tensiune, iar subgrupele înfăşurării de înaltă tensiune se alternează cu cele de joasă tensiune. Alegerea şi conexiunea subgrupelor depind în mare măsură de tensiunea de scurtcircuit propusă. Dat fiind faptul că acest parametru depinde de dimensiunile geometrice şi de numărul subgrupelor, se poate deduce că, pentru aceleaşi dimensiuni şi număr de subgrupe, tensiunea de scurtcircuit se obţine mai mare pentru înfăşurările cu galeţi alternaţi decît pentru cele concentrice. Se constată, de asemenea, că tensiunea de scurtcircuit scade cu creşterea numărului de subgrupe. Afară de aceasta, creşterea numărului de subgrupe complică execuţia bobinajului şi montajului, deci toate argumentele pledează în favoarea alegerii unui număr cît mai redus de subgrupe.

Dimensiunile miezului şi înfăşurărilor, calculate prin metodele expuse în acest capitol, sînt preliminare; ulterior, cînd se efectuează calculul definitiv, aceste valori se modifică în oarecare măsură. De aceea, la calcularea caracteristicilor de scurtcircuit se va ţine seamă de valorile definitive şi nu de cele preliminare.

Capitolul III al cărţii este dedicat izolaţiei transformatoarelor pentru cuptoare, care poate fi împărţită în: a) izolaţia principală sau exterioară, adică a fiecărei bobine în raport cu piesele puse la pămînt şi cu celelalte bobine şi b) izolaţia longitudinală sau interioară între diferite puncte ale unei bobine date, adică între spire, straturi şi bobine. La calculul izolaţiei diverselor elemente ale transformatorului, este foarte importantă aprecierea corectă a condiţiilor în care lucrează izolaţia şi alegerea raţională a acesteia. Condiţiile de lucru ale izolaţiei în transformatoarele pentru cuptoare nu se deosebesc practic de condiţiile funcţionării în transformatoare normale de putere.

Calculul izolaţiei la rigiditate dielectrică se face în aşa fel încît izolaţia să suporte tensiunea de încercare. Acest calcul constă în stabilirea intervalelor principale între elementul încercat şi detaliile puse la pămînt sau alte elemente conductoare, în determinarea după norme a tensiunilor de încercare pentru intervalele respective şi alegerea dimensiunilor construcţiei şi a materialelor care asigură rigiditatea electrică necesară. Orice construcţie izolatoare în ulei, oricît de complicată ar fi, constă în combinarea a trei elemente: intervale formate numai din spaţii pline cu ulei, paravane constituite din materiale izolante solide montate în spaţiile pline cu ulei şi acoperiri ale unuia sau mai multor electrozi cu izolanţi solizi în contact intim cu electrozii şi care iau forma lor.

Alegerea corectă a izolaţiei se complică din cauză că tensiunile admisibile de străpungere depind nu numai de dimensiunile intervalului şi ale construcţiei izolaţiei, ci şi de configuraţia liniilor cîmpului electric, de forma porţiunilor conductoare şi a porţiunilor puse la pămînt, cum şi de poziţiile lor reciproce.

Unele dimensiuni ale pieselor izolatoare depind nu numai de tensiunile de încercare, ci şi de puterea transformatorului şi se determină în baza atît a condiţiilor electrice cît şi a celor mecanice.

În capitolul IV se tratează alegerea şi calculul construcţiei înfăşurărilor.

Cerinţele generale care se impun înfăşurărilor transformatorului se împart în cerinţe de exploatare şi de producţie. Cerinţele principale de exploatare sînt stabilitatea electrică, mecanică şi termică. Aceste cerinţe impuse tsansformatoarelor pentru cuptoare electrice sînt reglementate de standardele în vigoare.

Cerinţele de producţie constau în construirea transformatorului cu consum minim de materiale şi manoperă.

În mare măsură aceste cerinţe, care se referă la transformator în totalitatea sa, privesc înfăşurările. De aceea, la alegerea tipului de înfăşurare trebuie avută în vedere îmbinarea cerinţelor de exploatare cu cele de producţie în mod optim.

În transformatoarele pentru alimentarea cuptoarelor, datorită condiţiilor specifice de funcţionare îşi găsesc utilizare un număr redus din tipurile de înfăşurări care se întîlnesc la transformatoarele normale. Cel mai des se utilizează înfăşurări spirale, înfăşurări în discuri şi înfăşurări cilindrice în multe straturi cu conductoare rotunde. În transformatoarele cu bobinaje concentrice, în care fluxul magnetic de dispersie este îndreptat după axul coloanei miezului, conductoarele montate în paralel sînt dispuse radial şi au reactanţe şi rezistenţe diferite, care trebuie transpoziţionate. În înfăşurările în disc, fluxul de dispersie este radial. În aceste cazuri conductoarele dispuse în paralel au practic aceeaşi reactanţă, însă rezistenţe ohmice diferite. Prin aceasta, impedanţele conductoarelor paralele diferă puţin şi se consideră că la înfăşurările cu discuri se poate renunţa la transpoziţie.

Înfăşurarea de tip elice cu mai multe conductoare în paralel este suficient de simplă, de comodă în fabricaţie şi de aceea are răspîndire mare la confecţionarea bobinelor de joasă tensiune. Dezavantajul acestei înfăşurări este depăşirea în înălţime a numărului de spire care compun bobina, ceea

ce complică şi izolaţia de fixare. Mai departe se arată că acest tip de bobină poate fi confecţionat şi fără sporirea înălţimii bobinei, în care caz, spirele se execută plate, iar trecerile de la o spiră la alta se fac prin îndoirea pe o porţiune redusă a tuturor conductoarelor în acelaşi loc.

Bobinajul spiralat se aplică de regulă pentru înfăşurările de înaltă tensiune, cu un singur conductor pentru puteri pînă la 1 000 kVA şi cu două sau mai multe conductoare în paralel pentru puteri mai mari de 1 000 kVA.

Înfăşurarea de joasă tensiune se execută obişnuit cu bobinaj de tip elice. La puteri reduse şi tensiuni ale înfăşurării de înaltă tensiune pînă la 10 kV, se utilizează înfăşurarea cilindrică în mai multe straturi cu conductoare rotunde. Se expune detaliat calculul bobinelor de înaltă şi joasă tensiune, cum şi principiile care trebuie avute în vedere la reglajul în limite largi al tensiunii înfăşurării de joasă tensiune.

Capitolul V tratează calculul caracteristicilor de scurtcircuit şi al forţelor electrodinamice care iau naştere în înfăşurări. În acest scop, se arată cum se face determinarea pierderilor electrice în înfăşurări şi a tensiunii de scurtcircuit. Se studiază modul de distribuire a cîmpului de dispersie în ipotezele uzuale de aşezare a bobinelor la transformatoarele pentru cuptoare şi se arată care sînt parametrii care pot fi variaţi în scopul sporirii tensiunii de scurtcircuit. În continuare, în acelaşi capitol se arată deosebirile esenţiale dintre regimurile de scurtcircuit ale transformatoarelor normale de putere şi ale celor care alimentează cuptoarele cu arc. Astfel, în timp ce în transformatoarele normale de putere curentul de scurtcircuit depăşeşte de 15—20 ori curentul nominal, în transformatoarele pentru cuptoare se admite o depăşire de cel mult patru ori a curentului nominal dar în acest din urmă caz scurtcircuitul nu constituie o excepţie, ci poate să se repete de peste 100 de ori în decursul unei şarje care durează 3—6 ore. Aceste scurtcircuite se lichidează fără scoaterea transformatorului din funcţiune, prin comanda automată a electrozilor. Se constată deci că, la transformatoarele pentru cuptoare cu arc, solicitările mecanice provocate de scurtcircuit sînt mult mai reduse decît la cele normale, însă frecvenţa lor deosebit de mare necesită o atenţie deosebită atît la calculul şi construcţia bobinajelor, cît şi la fixarea lor. Calculul înfăşurărilor la încălzire şi eforturi mecanice provocate de scurtcircuite se face pentru verificarea construcţiei alese şi constă în următoarele operaţii:

1) determinarea valorilor maxime ale curentului de scurtcircuit;

2) determinarea temperaturii bobinajului la scurtcircuit;

3) determinarea forţelor mecanice între înfăşurări şi elementele lor;

4) determinarea solicitărilor mecanice în conductoare, distanţiere şi tacheţi.

Calculul forţelor radiale şi axiale, cum şi al eforturilor respective, se efectuează în acelaşi mod ca la transformatoarele normale.

În capitolul VI se arată modul de determinare a dimensiunilor sistemului magnetic. Acest capitol, tratînd exclusiv probleme cunoscute de la dimensionarea transformatoarelor normale de putere, este tratat în mod succint şi nu prezintă particularităţi care trebuie scoase în evidenţă.

Capitolul VII se ocupă de calculul termic al transformatorului care, de asemenea, prezintă mare analogie cu calculul transformatorului normal. De aceea, la acest capitol se tratează doar cîteva particularităţi ale calculului termic al tranformatoarelor pentru cuptoare. Normele pentru încălzirea transformatoarelor care alimentează cuptoare nu sînt stabilite prin standarde şi se indică în condiţii tehnice. De obicei, aceste transformatoare lucrînd în condiţii mai grele de răcire, se calculează cu căderi de temperatură mai mici ale bobinelor, miezul şi uleiul din straturile superioare faţă de mediul ambiant.

Capitolul VIII se ocupă de calculul reactanţelor limitatoare de curent. Aceste reactanţe se execută ca bobine înfăşurate pe miez magnetic şi se montează în aceeaşi cupă cu transformatorul, de obicei între jugul superior al acestuia şi cuvă. Variaţia reactanţei se obţine prin variaţia diametrului şi secţiunii coloanei sau prin variaţia numărului şi dimensiunilor intervalelor nemagnetice intercalate în coloanele miezului. Înfăşurările reactanţelor limitatoare nu se deosebesc constructiv de înfăşurările concentrice ale transformatoarelor normale de putere, atît în privinţa dispoziţiei bobinelor cît şi a construcţiei izolaţiei. Reactanţele se pot monta în linie sau pe fază, după modul de conexiune a înfăşurării de înaltă tensiune a transformatorului. În capitolul respectiv se dau toate detaliile calculului miezului magnetic şi al înfăşurărilor.

În ultimul capitol al cărţii se tratează un exemplu de calcul al unui agregat de alimentare pentru un cuptor electric de 1 800 kVA şi 6 kV. Exemplul este prezentat în mod amplu cu toate amănuntele tratate în capitolele descrise anterior.

În concluzie, cartea este o lucrare de specialitate care umple un gol în literatura tehnică. Autorul oferă o metodică completă pentru calculul înfăşurărilor miezului magnetic al instalaţiilor de răcire şi al reactanţelor limitatoare de curent ale transformatoarelor, care deservesc cuptoare electrice de mică şi mare putere. Cartea poate fi de mare folos inginerilor şi tehnicienilor din exploatări, proiectanţilor, cadrelor didactice şi studenţilor de la facultăţile de specialitate.

Ing. S. Şapira

OTTO BENEDIKT: **Metoda nomografică pentru calculul circuitelor magnetice complexe şi puternic saturate ale maşinilor electrice.** Editura Academiei de Ştiinţe a R.P.U., Budapesta 1960, 1 vol., 288 pag., 85 fig., 35 tabele, 3 nomograme.

CZ 621.313

Începutul lucrării, ca o introducere în subiect, arată dificultăţile ce se întîlnesc la soluţionarea problemelor practice în legătură cu construcţia maşinilor electrice şi lipsurile celorlalte metode în cazul calculului circuitelor magnetice. De pildă, relaţia care dă diferenţa de potenţial magnetic:

$$U = \int_0^h f\left(\frac{\Phi}{b_x \gamma l}\right) \mathrm{d}x,$$

(în care: h, b_x şi l sînt dimensiunile după cele trei axe ortogonale şi γ — factorul de umplere) exemplifică dificultăţile care intervin chiar în cele mai simple dintre aceste cazuri, deoarece trebuie integrate mărimi a căror dependenţă faţă de x nu poate fi întotdeauna exprimată analitic.

La stabilirea principiilor de bază pentru determinarea prin nomograme a comportării magnetice a corpurilor feromagnetice cu secţiune continuu variabilă, se introduce noţiunea „corpului-unitate". Cînd ambele corpuri, cel studiat şi corpul-unitate care îi corespunde, sînt străbătute de acelaşi flux $\left(\frac{\Phi}{b_0 \gamma l}\right)$, ele prezintă aceeaşi cădere de tensiune magnetică $\left(\frac{U}{h}\right)$, deci ele posedă aceeaşi reluctanţă, adică deşi de formă diferită, ele sînt echivalente din punct de vedere magnetic.

Mai departe, rezultă că reluctanţele tuturor „corpurilor-unitate" în formă de pană, pot fi reprezentate printr-o singură familie de curbe. Se expune metoda care, pornind de la curba de magnetizare a materialului folosit, permite o trasare uşoară şi precisă a familiei de curbe care dau relaţia între $\left(\frac{U}{h}\right)$ şi $B_0 = \left(\frac{\Phi}{b_0 \gamma l}\right)$. Urmează, ca exemplificare practică, determinarea lui U pentru un Φ dat, sau a lui Φ pentru un U dat sau stabilirea formei geometrice cînd sînt date valorile pentr Φ şi U.

În continuare, se determină nomografic, reluctanţa rezultantă a mai multor corpuri feromagnetice conectate în serie, ţinîndu-se seamă că un corp feromagnetic, caracterizat printr-un factor ρ şi o lăţime maximă b_0, poate fi înlocuit printr-un alt corp feromagnetic caracterizat prin alt factor ρ' şi altă lăţime b'_0 astfel încît, la un flux dat, în ambele corpuri mărimea medie a cîmpului să fie aceeaşi. Echivalenţa se menţine pentru oricare valoare a fluxului.

Aproape tot restul lucrării, cu excepţia ultimelor trei capitole, tratează relaţiile magnetice în domeniul dinte, crestătură, întrefier. Toate consideraţiile teoretice sînt urmate de exemple practice şi de aplicaţii numerice. La început

se consideră cazul cel mai simplu : al crestăturii complet deschise, cu pereţii laterali paraleli, şi se studiază fluxurile longitudinale produse de diferenţa de potenţial magnetic în întrefier şi de saturaţia dinţilor vecini. Mai departe, se arată posibilităţile înlocuirii fluxului real printr-un flux echivalent, constant în lungul înălţimii dintelui şi se trece, din aproape în aproape, la dinţi de forme diverse şi complicate. Sînt arătate bazele teoretice şi pe urmă practica determinării nomografice a influenţei formei întrefierului şi a reacţiei indusului asupra relaţiilor magnetice în domeniul dinte, întrefier, piesă polară, la maşinile de curent continuu şi stabilirea curbei căderilor de tensiune magnetomotoare funcţie de fluxul excitaţiei, atît la mers în gol cît şi în sarcină. Se consideră posibilitatea de a neglija saturaţia în coarnele polare şi de a aproxima căderile de tensiune magnetică care au loc acolo.

Cu metodele nomografice dezvoltate pînă aici este posibil să se determine, pentru oricare punct al periferiei rotorului oricărei maşini electrice, forţele electromotoare induse de diversele fluxuri, distribuţia potenţialelor electrice, forţele electromagnetice, pierderile de diferite feluri ş.a.m.d. Ca ilustraţie la această afirmaţie, în ultimele trei capitole ale cărţii sînt studiate următoarele probleme :

— Metoda pentru determinarea nomografică a fluxului transversal în crestătură, produs de saturaţia dinţilor.

— Determinarea nomografică a pierderilor prin histerezis şi curenţi turbionari , în maşinile electrice rotative. Metoda folosită aici se dovedeşte generală, făcînd posibilă calcularea pierderilor în cazuri complicate prin variaţia fluxului în timp şi în spaţiu.

În final sînt indicate ca pasibile de a fi rezolvate prin metoda nomografică :

— Calculul exact al sistemelor conţinînd magneţi permanenţi.

— Determinarea relaţiei între variaţiile de potenţial magnetic şi a fluxului corespunzător în diverse părţi ale circuitului magnetic.

— Cercetarea pe cale nomografică a efectelor modificărilor constructive asupra reluctanţei.

— Problema variaţiilor în timp a mărimilor electrice şi magnetice.

Cartea este de un real interes tehnic, deşi în unele cazuri metoda nu este chiar atît de uşoară cît se proclamă. De o lectură oarecum aridă, valoarea formală a volumului rezidă în special în marele număr de exemple practice şi de aplicaţii numerice.

Ing. **H. Asian**

S. E. KREIN şi R. V. KULAKOVNA: **Uleiuri minerale electroizolante.** Gosenergoizdat, Moscova, 144 pag., 45 fig., 39 tab., 63 ref. bibl.

CZ 621.315.615.2

Este bine cunoscută influenţa calităţii uleiurilor minerale electroizolante asupra siguranţei în exploatare a transformatoarelor, condensatoarelor, cablurilor de forţă şi întreruptoarelor de înaltă tensiune.

O carte valoroasă în acest domeniu, în literatura sovietică, este lucrarea lui B. P. Burianov ,,Exploatarea uleiului de transformator, tradusă şi în limba romînă în Editura Tehnică. Dacă aici se tratează pe larg problemele de exploatare, de regenerare şi de gospodărire a uleiului de transformator, în schimb nu se analizează mai profund corelaţia caracteristicilor dielectrice cu cele fizico-chimice ale uleiurilor minerale.

Lucrarea autorilor sovietici Krein şi Kulakova, pe lîngă studiul aprofundat al influenţei compoziţiei chimice asupra caracteristicilor dielectrice ale uleiurilor minerale, mai tratează pe larg tehnologia producerii lor şi metodele de ridicare a calităţilor dielectrice ale acestor materiale de impregnare. În mod special se prezintă rezultatele lucrărilor de cercetare ale autorilor în domeniul uleiurilor pentru cablurile de foarte înaltă tensiune : 110 şi 220 kV.

După trecerea în revistă în capitolul I, a principalelor caracteristici ale uleiurilor minerale electroizolante, în capitolul II se studiază compoziţia lor chimică.

Pentru electrotehnicieni cunoaşterea tehnologiei fabricaţiei uleiurilor minerale fiind foarte importantă, în capitolul III se prezintă schemele de fabricaţie a uleiurilor de transformatoare, condensatoare şi pentru cabluri de forţă.

Observăm în acest capitol o oarecare disproporţie între spaţiul acordat problemelor uleiurilor de cabluri şi restul materialelor electroizolante. Pentru uleiurile folosite la impregnarea cablurilor de forţă se face o clasificare din punct de vedere al viscozităţii lor, stabilindu-se trei grupe, şi anume : tipul MN-2 cu viscozitate redusă (9,6 cst la 50°C), folosit la impregnarea cablurilor de joasă şi medie presiune ; tipurile S-110 şi S-220 cu viscozităţi medii (între 50—120 cst la 50°C), destinate impregnării cablurilor de foarte înaltă tensiune de 110—220 kV, unde se folosesc presiuni mari şi în fine tipul P-28, cu viscozitate mare, întrebuinţat — într-un amestec cu 20% canifoliu — la impregnarea cablurilor cu tensiuni pînă la 35 kV. Pentru uleiul S-110 se prezintă mai detaliat schema de fabricaţie, folosită astăzi în industria de specialitate din U.R.S.S.

Pentru uleiurile de transformatoare şi condensatoare se prezintă succint modul de fabricaţie, însă se arată diferenţele principale în producţia acestor două tipuri de uleiuri, în special pentru micşorarea indicelui de aciditate la uleiul de condensator.

Micşorarea temperaturii de congelare a uleiurilor minerale se poate atinge pe două căi, şi anume : a) deparafinizarea uleiurilor şi b) folosirea de adaosuri depresive. Autorii consideră mai eficientă cea de-a doua metodă.

Capitolul V tratează problema stabilităţii uleiurilor minerale la oxidare şi folosirea adaosurilor inhibitoare.

Problema esenţială pentru electricieni şi anume dependenţa caracteristicilor dielectrice în funcţie de compoziţia fizico-chimică a uleiurilor se tratează în capitolul V. Dacă variaţia tensiunii de străpungere a uleiurilor, în funcţie de conţinutul de apă, presiune şi temperatură se expune mai mult cu caracter monografic, folosind surse cunoscnte, studiul pierderilor dielectrice tgδ în funcţie de temperatură pentru mai toate tipurile de uleiuri minerale are un caracter de originalitate, prezentîndu-se lucrările autorilor, cercetători cu o bogată activitate în acest domeniu. Se arată în concluzie că dacă fracţiunile de uleiuri naftenoparafinice nu sînt eficiente în procesele de oxidare, în schimb sînt stabile din punct de vedere al pierderilor dielectrice. Fracţiunile aromatice sînt, din contra, stabile la oxidare, însă au valori mărite ale unghiului de pierderi. Cercetările arată că amestecurile cu 85% fracţii naftenice parafinice şi 15% aromatice dau rezultate optime.

Comportarea hîrtiei şi a unor materiale izolante stratificate în uleiurile minerale face obiectul unor interesante cercetări. Rezultatele arată că uleiurile complet dearomatizate practic nu-şi modifică caracteristicile dielectrice în prezenţa materialelor de mai sus şi la fel acestea din urmă nu sînt atacate din punct de vedere chimic.

Pînă în ultima vreme se presupunea o înrăutăţire a caracteristicilor dielectrice şi în special tgδ odată cu creşterea conţinutului de apă din uleiurile minerale. Autorii ar ată nu atît concentraţia apei (fireşte pînă la o anumită limită) contează cît starea fizică a apei (emulsii sau soluţii). În soluţii, valoarea tgδ — la uleiurile bine tratate — practic nu diferă pentru conţinuturi de apă între 0,000% şi 0,04%. Totodată se arată că cele mai puţin higroscopice sînt fracţiunile nafteno-parafinice.

Capitolul VI se referă la problema descompunerii uleiurilor minerale sub acţiunea mediilor gazoase ionizante, iar anexa dă indicaţii asupra metodicelor de măsurare a principalelor caracteristici fizico-chimice şi dielectrice.

Caracteristic lucrării este dozarea proporţională a analizării teoretice cu prezentarea rezultatelor experimentale în mai toate problemele studiate.

Prezentarea materialului este clară şi bogat ilustrată cu diagrame, scheme etc.

Ţinînd seama că industria noastră petrolieră are în profilul ei de producţie uleiuri minerale electroizolante, şi pe de altă parte industria noastră electrotehnică tinde să devină o mare consumatoare de uleiuri de calitate pentru impregnarea transformatoarelor, condensatoarelor şi a cablurilor de forţă, lucrarea este de o reală utilitate pentru cei ce lucrează în domeniul producerii cît şi folosirii uleiurilor minerale electroizolante.

Ing. **A. Bereu**

Cronică

Sesiunea de comunicări a Institutului de Energetică al Academiei R.P.R.

1—2 aprilie 1960

Materialul prezentat la această sesiune a făcut parte, în mare majoritate, din planul de cercetări al Institutului. Scopul sesiunii a fost să se expună soluțiile date diferitelor probleme de plan și să se discute pe o scară largă cu beneficiarii și reprezentanții departamentelor sau întreprinderilor industriale.

Ședințele de comunicări s-au împărțit pe diferite secții de specialitate ale Institutului: Energetică generală, Electroenergetică, Termoenergetică și Combustibili.

Din comunicările secției Energetică generală remarcăm lucrarea:

1. *A. Dumitrescu, M. Eleșterescu* și *St. Kovacs — Comparația energoeconomică între furnalul înalt și furnalul electric*, care dezbate o temă importantă pentru siderurgia și electroenergetica noastră, contribuind la clarificarea condițiilor economice în care un furnal electric ar putea să lucreze la noi în țară.

De către secția Electroenergetică s-au prezentat următoarele comunicări:

2. *M. Petcu — Descrierea regimului sarcinii pentru un sistem electroenergetic*, în care se propune un număr restrîns de parametri statistici fundamentali, necesar și suficient pentru a caracteriza regimul de sarcină al unor mari sisteme electroenegetice.

Față de unele întrebări, autorul susține că analiza nu mai pleacă de la curbele de puteri ordonate, ci condițiile de exploatare rezultă din acei parametri.

3. *E. Arie, S. Ionescu, P. Nicolae, M. Pomîrleanu — Studiul cu ajutorul unui model dinamic al unei legături slabe de interconexiune între două sisteme în regimuri statice și dinamice.*

Pe un model de rețea s-au verificat regimurile de stabilitate statică și dinamică, găsindu-se o bună concordanță cu metoda P. Dimo.

4. *F. Manea — Regimuri tranzitorii succesive ale mașinii sincrone.*

Autorul deduce ecuațiile operaționale ale regimurilor tranzitorii în orice condiții inițiale, calculînd un exemplu de scurtcircuit declanșat cu RAR și cu forțarea excitației.

Discuțiile au scos în evidență importanța și originalitatea lucrării.

5. *E. Arie, M. Popov, M. Racoviță — Generator echivalent în calculul stabilității dinamice.*

Autorii stabilesc prin calcul schema și parametrii unui generator echivalent care permite studiul stabilității dinamice.

6. *G. Drăgan, B. Popa — Încercarea electrică a izolatoarelor de fabricație românească pentru linii electrice de medie tensiune.*

Autorii au stabilit o metodică pentru încercarea nivelului de izolație și au aplicat-o experimental izolatoarelor de fabricație românească cu tensiuni pînă la 35 kV. Pe baza rezultatelor experimentale privind comportarea la tensiuni de impuls s-au făcut propuneri de îmbunătățire a calității izolatoarelor.

7. *G. Drăgan, B. Popa — Ridicarea tensiunii nominale a liniilor electrice de* 10—35 kV.

Se analizează mijloacele de mărire a capacității de transport și pe baza caracteristicilor, acum cunoscute ale izolatoarelor și ale coronamentelor, se fac propuneri concrete pentru ridicarea tensiunii unor linii de medie tensiune din R.P.R.

8. *S. Ionescu, P. Nicolae, M. Pomîrleanu — Studiu asupra posibilității de introducere a reglajului automat al frecvenței în sistemul R.P.R.*

Autorii fac propuneri privind oportunitatea introducerii reglajului automat de frecvență, indicînd benzile de frecvențe și schemele de reglaj necesare.

9. *C. Bălă — Calculul pierderilor în rotorul turbogeneratorului la funcționarea în asincron.*

După stabilirea reactanțelor de pierderi în rotorul masiv printr-o metodă proprie de separare a fluxurilor se deduc pierderile în dinții și în corpul rotorului, făcîndu-se propuneri pentru creșterea uniformă a rotorului și atingerea unei reactanțe sincrone relative egale cu 2.

În discuții s-au analizat particularitățile metodei.

10. *M. Marinescu — Efecte capacitive în sisteme cu inductanță periodic variabilă.*

Se deduc condițiile pentru varația defazării curentului și tensiunii în circuite cu inductanță periodic variabilă, alimentate în curent ondulat. Defazarea se poate regla larg prin faza tensiunii aplicate față de cea a inductanței.

Din discuții a reieșit că aplicația se oferă la compensatoare sincrone, avantajul fiind cel al alimentării numai prin stator. S-a propus extinderea la mașini trifazate.

11. *M. Popov — Forma analitică a criteriilor de stabilitate pentru sistemele automate neliniare, obținute prin metode funcționale.*

Se prezintă un criteriu grafic simplu pentru aprecierea stabilității sistemelor de reglare cu elemente neliniare. Criteriile cunoscute pînă acum apar drept cazuri particulare ale acestui criteriu mai general.

Auditoriul neașteptat de numeros și discuțiile vii ce s-au purtat sînt un semn că sesiunea a avut succes și și-a îndeplinit rolul.

Dr. ing. **A. Avramescu**

Prima consfătuire pe țară de materiale electrotehnice

Timișoara — 6—9 aprilie 1960

La Timișoara s-a organizat o reușită consfătuire pe țară, cu tema „Materiale electrotehnice". De fapt, 5 comunicări generale, 37 comunicări în secția materialelor electroizolante și 19 comunicări în secția materialelor magnetice au acoperit aproape toate problemele actuale ale acestor domenii, însă materialele conductoare nu au fost tratate.

Din tematica consfătuirii, din cuvîntările de deschidere și din rezoluție a reieșit clar hotărîrea organizatorilor și a participanților de a contribui din răsputeri la realizarea cît mai grabnică a sarcinilor trasate în expunerile tovarășului *Gheorghe Gheorghiu-Dej*, la plenarele C.C. al P.M.R. din octombrie 1958, iulie și decembrie 1959, mai ales în ce privește gerea nivelului mondial al calității produselor și în scăderea continuă a prețului de cost.

Comunicările au mai arătat că în diferitele institute de cercetări, în cadrul catedrelor din învățămîntul superior și în laboratoarele fabricilor se duce o muncă de cercetare serioasă și tenace pentru descoperirea sau punerea la punct a materialelor electrice, cu scopul urmărit, în numeroase cazuri pînă pe linia tehnologică din fabrici, de a îmbunătăți și a moderniza produsele noastre. Astfel, îmbunătățirea procesului de compoundare a fost urmărită printr-o exemplară colaborare între I.P.T. și C.M. Reșița din laborator pînă în fabrică. Elaborarea de ferite la I.C.E.T., I.F.A. și la I.C.S.M.T. a permis întreprinderii „Electronica" de a pune la punct tehnologia magneților

de difuzor din ferite şi de a le introduce în fabricaţia de mare serie.

În acelaşi timp s-a evidenţiat că cercetătorii au început să utilizeze cuceririle cele mai recente şi mai înaintate ale ştiinţei pentru îmbunătăţirea metodelor de investigaţie ştiinţifică. Astfel, la I.P.B. materialele electroizolante au fost studiate prin iradierea lor cu particule de mare energie, iar la I.F.A. structura feritelor a fost urmărită cu ajutorul microscopului electronic. În mînuirea acestor metode înaintate ale tehnicii şi ştiinţei ne putem aştepta desigur la perfecţionări.

Mai puţin satisfăcătoare trebuie considerată expunerea contribuţiei Editurii Tehnice la dezvoltarea tehnicii materialelor, din cauza neprincipialităţii ei şi limitării la o înşirare a cărţilor apărute în acest domeniu.

În şedinţa de deschidere s-a precizat tematica şi s-au adus saluturile instituţiilor şi întreprinderilor participante, după care au urmat comunicările de deschidere.

1. Prof. dr. ing. *Pl. Andronescu, — Rolul sarcinii magnetice în studiul cîmpului magnetic.*

Se arată că în studiul cîmpului magnetic rotaţional al unei spire parcurse de curent, ipoteza unui dublu strat de sarcini magnetice în planul spirei reduce calculul la cel al unui cîmp potenţial şi poate avea o justificare didactică şi metodologică.

2. Dr. ing. *A. Avramescu,* membru corespondent al Academiei R.P.R. — *Pentru o utilizare mai largă a unităţilor magnetice practice.*

Plecînd de la o scriere simplă şi raţională a relaţiilor fundamentale ale magnetismului sub forma de ecuaţii între mărimi, independente de sistemul de unităţi se arată că sistemul Giorgi, bazat pe unităţile practice, prin coerenţa sa permite o prezentare mult mai simplă a relaţiilor, decît scrierea obişnuită, necoerentă, în care apar de multe ori mărimi din două sisteme diferite de unităţi, ceea ce antrenează factori numerici a căror prezenţă este greu de explicat.

3. Conf. ing. *Cr. Popescu,* Institutul Politehnic Bucureşti — *Problema „materialelor electrotehnice" în pregătirea profesională a inginerului electrician şi energetician.*

Se arată că programele analitice actuale încă nu ţin în suficientă măsură seama de importanţa pe care o are studiul temeinic al materialelor electrice. Se propun unele măsuri de îmbunătăţire.

4. Conf. ing. *A. Nanu,* conf. ing. *I. Suciu,* ing. *V. Popovici,* Institutul Politehnic Timişoara; ing. *I. Pop,* ing. *I. Mayer,* I.I.S. Dermatina Timişoara — *Studii şi cercetări cu privire la înnobilarea materialelor electroizolante, prin iradierea lor cu particule de mare energie.*

Iradierea materialelor electroizolante cu particule de mare energie au efecte diferite după durata iradierii şi energia particulelor. În materiale din grupa PVC s-au constatat în anumite condiţii îmbunătăţiri a unor parametri electrici. Cercetările vor continua.

5. Ing. *H. Zaliş,* Editura Tehnică Bucureşti — *Contribuţia Editurii Tehnice la dezvoltarea tehnicii materialelor electrice în R.P.R.*

S-au prezentat cărţi şi broşuri care prin tematica lor contribuie la difuzarea cunoştinţelor tehnico-ştiinţifice privind materialele electrotehnice.

În cele ce urmează dăm numai autorii şi titlurile comunicărilor.

Secţia I — **Materiale electroizolante**

Grupa I — *Teoria dielectricilor.*

1. Ing. *M. Păun,* Ministerul Industriei Grele — *Progresul tehnic în domeniul materialelor electroizolante; stadiul de dezvoltare în R.P.R.*

2. Conf. ing. *Gleb Drăgan,* ing. *Popa Badea,* Institutul de Energetică al Academiei R.P.R. Bucureşti — *Alegerea nivelului de izolaţie al liniilor electrice aeriene de înaltă tensiune.*

3. Conf. ing. *A. Nanu,* ing. *I. Matlak,* Institutul Politehnic Timişoara — *Consideraţiuni asupra valorii cîmpului electric la suprafaţa dielectricilor.*

4. Ing. *A. Bercu,* ing. *Vl. Cleja,* Institutul de Cercetări Electrotehnice Bucureşti — *Determinarea tensiunii de ionizare în dielectrici.*

5. Conf. ing. *A. Nanu,* conf. ing. *I. Suciu,* ing. *I. Matlak,* ing. *I. Moraru,* Institutul Politehnic Timişoara — *Instalaţie de iradiere cu radiaţii de mare energie.*

Grupa a II-a — *Mase plastice şi compounduri electroizolante.*

6. Conf. ing. *A. Nanu,* Institutul Politehnic Timişoara — *Asupra domeniilor de proprietăţi maximale electrice şi mecanice ale sistemelor de volocnit, azbestit şi asbovolocnit.*

7. Conf. ing. *A. Nanu,* ing. *I. Popa,* ing. *V. Popovici,* Institutul Politehnic Timişoara; ing. *I. Pop,* ing. *I. Mayer,* I.I.S. Dermatina Timişoara — Asupra posibilităţilor de utilizare a foliilor din PVC. Dermatina în Electrotehnică.

8. Conf. ing. *A. Nanu,* Institutul Politehnic Timişoara — *Particularităţi constructive ale matriţelor pentru presat eclise din asbovolocnit la* 1 000 t.

9. Conf. ing. *A. Nanu,* ing. *V. Popovici,* Institutul Politehnic Timişoara — *Propunere de îmbunătăţire a procesului de compoundare la Combinatul metalurgic Reşiţa.*

10. Conf. ing. *A. Nanu,* Institutul Politehnic Timişoara — *Probleme speciale ale secţiunilor de cale izolate.*

Grupa a III-a — *Materiale electroizolante ceramice.*

11. Conf. ing. *M. Braşovan,* asist. ing. *A. Rădoi,* Institutul Politehnic Timişoara; ing. *A. Przibram,* I.I.S. Crinul Timişoara — *Contribuţii cu privire la îmbunătăţirea fabricării la noi în ţară a corpurilor ceramice pentru radiaţii infraroşii.*

12. Ing. *Iustian Schmidt Erik,* Întreprinderea Electroceramica Turda — *Stadiul actual al fabricării industriale a materialelor electroceramice în ţara noastră, comportarea lor în exploatare şi probleme legate de îmbunătăţirea situaţiei existente.*

13. Ing. *E. Lăbuşcă,* Institutul de Fizică Atomică al Academiei R.P.R. Bucureşti — *Materiale ceramice pentru izolatori de bujii.*

14. Ing. *St. Lungu,* ing. *D. Popescu Haş,* Institutul de Fizică Atomică al Academiei R.P.R. — *Izolatori de înaltă tensiune din porţelan, din sticlă.*

15. Ing. *M. Nicolae,* ing. *Br. Marcus,* ing. *I. Ciontea,* ing. *V. Vişoiu,* ing. *I. Covacs,* ing. *L. Diaconu,* ing. *V. Neagu — Dielectrici ceramici pentru fabricarea pieselor radio.*

16. Ing. *R. Abramovici,* ing. *C. Honae,* ing. *B. Dulhasz,* ing. *V. Dudilă,* Institutul Politehnic Timişoara — *Contribuţie la îmbunătăţirea calităţii electroporţelanului prin folosirea feldspatului de Munte Rece.*

17. Ing. *Br. Marcus,* ing. *I. Ciontea,* ing. *V. Vişoiu,* ing. *L. Diaconu,* ing. *I. Covacs,* Institutul de Cercetări Electrotehnice Bucureşti, *Studiul variaţiilor proprietăţilor dielectrice ale ceramicei de condensatoare tip* N. 750.

18. Conf. ing. *M. Braşovan,* ing. *N. Bogoevici,* Institutul Politehnic Timişoara — *Suport piezoelectric pentru măsurarea forţei de aşchiere la strunjire.*

19. Ing. *I. Ciontea,* ing. *Br. Marcus,* ing. *C. Soltuz,* ing. *I. Covacs,* ing. *V. Neagu,* ing. *V. Vişoiu,* Institutul de Cercetări Electrotehnice Bucureşti — *Metode şi aparatură de măsură pentru determinarea caracteristicilor condensatoarelor ceramice radio.*

Grupa a IV-a — *Protecţia climatică a produselor eletrotehnice*

20. Asist. ing. *V. Lefter,* Institutul Politehnic Bucureşti — *Protecţia climatică a materialelor electrotehnice.*

21. Ing. *O. Creşneac,* ing. *Vl. Popovici,* Combinatul metalurgic Reşiţa — *Organizarea laboratorului climatic pentru cercetarea materialelor electrotehnice.*

22. Ing. *O. Creşneac, A. Szenassy,* Combinatul Metalurgic Reşiţa — *Cercetări în legătură cu fabricarea hîrtiei de mică.*

23. Ing. *T. Pop,* dir. Reg. P.T.T.R. Timişoara — *Remedierea fenomenelor de coroziune a instalaţiilor subterane de mare distanţă din ţara noastră prin materiale electroizolante şi anticorosive.*

Grupa a V-a — *Aplicaţiile materialelor semiconductoare.*

24. Conf. ing. *C. Sora,* Institutul Politehnic Timişoara — *Folosirea materialelor semiconductoare la măsurarea puterilor mici pe baza efectului Hall.*

25. Conf. ing. *D. Frenkel,* ing. *V. Stoica,* Institutul Politehnic Timişoara — *Folosirea materialelor semiconductoare la telemăsurarea puterii aparente.*

Grupa a VI-a — *Încercarea materialelor electroizolante.*

26. Conf. ing. *Gleb Drăgan,* Institutul de Energetică al Academiei R.P.R. Bucureşti — *Metodica încercării izolaţiei de înaltă tensiune.*

27. Ing. *Chiril Popescu*, ing. *Fl. Tănăsescu*, Institutul de Cercetări Electrotehnice București — *Comportarea la impuls de tensiune a materialelor electroizolante indigene utilizate la construcția transformatoarelor.*

28. Conf. ing. *C. Apetrei*, Institutul de Energetică al Academiei R.P.R. București — *Încercări ale izolației mașinilor electrice cu tensiune continuă.*

29. Conf. ing. *Cr. Popescu*, Institutul Politehnic București — *Determinarea pierderilor în materiale electroizolante; măsurări comparative de* tgδ *la puntea Glebe și Ziekner* (recomandate de C.E.I.).

30. Ing. *L. Valerian*, Fabrica de cabluri și materiale electroizolante București — *Încercarea lacurilor electroizolante.*

31. Conf. ing. *A. Nanu*, ing. *Gh. Iuhasz*, ing. *Gh. Gross*, Institutul Politehnic Timișoara — *Proiectul unui laborator pentru încercări industriale la înaltă tensiune.*

Grupa a VII-a — *Izolația mașinilor electrice*

32. Ing. *Vl. Popovici*, ing. *E. Szerdahelyi*, Combinatul metalurgic Reșița — *Noi materiale electroizolante folosite la Fabrica de mașini electrice C.M.R.*

33. Conf. ing. *T. Laszlo*, Institutul Politehnic Timișoara — *Observații în legătură cu influența calității uleiului asupra rezistenței de izolație a transformatoarelor.*

34. Ing. *E. Domilescu*, I.I.S. Electromotor Timișoara — *Ameliorarea indicilor tehnico-economici ai electromotoarelor asincrone trifazate normale prin utilizarea clasei E de izolație.*

35. Ing. *I. Sora*, I.I.S. Electromotor Timișoara — *Unele aspecte privind folosirea materialelor electroizolante de clasă superioară în construcția mașinilor electrice.*

36. Asist. ing. *I. Heinrich*, Institutul Politehnic București — *Aplicarea materialelor indigene la bobinele de comutație ale redresoarelor mecanice.*

37. Conf. ing. *P. Sonea*, Institutul Politehnic București, — *Contribuție privind un nou sistem de aprindere la autovehicule.*

Secția II — **Materiale magnetice**

Grupa I — *Proprietățile materialelor magnetice*

1. Conf. ing. *A. Semlyén*, Institutul Politehnic Timișoara — *Despre permeabilitatea magnetică complexă la cîmpuri mici, în cazul unei magnetizări concomitente în curent alternativ.*

2. Ing. *Vl. Popovici*, Combinatul metalurgic Reșița — *Creșterea pierderilor la miezurile magnetice formate din tole prin prelucrări mecanice.*

3. Conf. ing. *B. Rhotenstein*, asist. *A. Munteanu*, Institutul Politehnic Timișoara — *Influența tratamentului termic în condiții naturale asupra tensiunilor interne în păturile feromagnetice.*

4. Șef lucr. ing. *I. Novac*, Institutul Politehnic Timișoara — *Posibilități de modificare a caracteristicii de magnetizare a circuitului feromagnetic din mașinile de curent continuu.*

5. Asist. ing. *B. Oprendek*, Institutul Politehnic Timișoara — *Influența curbei de magnetizare a tolelor asupra curbei tensiunii electromotoare a generatoarelor de medie frecvență.*

6. Conf. ing. *B. Rothenstein*, Institutul Politehnic Timișoara — *Asupra remanenței magnetizării prin deplasarea pereților Bloc și cinetica demagnetizării ei.*

7. Conf. ing. *A. Semlyén*, Institutul Politehnic Timișoara — *Calculul transformatoarelor de curent contramagnetizate.*

Grupa a II-a — *Materiale magnetic moi*

8. Ing. *D. F. Lăzăroiu*, Întreprinderea „Electronica" București — *Studiul actual și perspective ale fabricației de ferite în țară, pentru industria electrotehnică.*

9. Ing. *Fl. Constantinescu*, Ministerul Transporturilor și Telecomunicațiilor. Laboratorul L.C.T. — *Materiale magnetice de tip ferit realizate în cadrul* I.C.S.—M.T.T.

10. Ing. *V. Ivașcu*, ing. *L. Cîrlan*, ing. *M. Rosenberg*, ing. *C. Lupașcu*, Institutul de Cercetări Electrotehnice București — *Ferite cu ciclu de histerezis dreptunghiular realizate la* ICET.

11. Ing. *E. Lăbușcă*, ing. *N. Andreescu*, ing. *I. Milion*, Institutul de Fizică Atomică al Academiei R.P.R. București — *Materiale magnetice moi de tip ferit.*

12. Ing. *S. Ștefănescu*, Ministerul Transporturilor și Tele. comunicațiilor, Dir. Tehnică — *Utilizarea în telecomunicații a materialelor magnetice de tip ferit realizate în cadrul* I.C.S.M.T.T

13. Ing. *T. Suciu*, Uzinele „Oțelul roșu" — *Fabricarea tablei silicioase de dinam în R.P.R.*

14. Conf. ing. *A. Nanu*, ing. *V. Popovici*, Institutul Politehnic Timișoara — *Asupra comportării magnetice a tablei silicioase* E. III. Oțelul Roșu.

Grupa a III-a — *Materiale magnetice dure*

15. Ing. *V. Ivașcu*, ing. *O. Lupaș*, ing. *L. Cîrlan*, ing. *M. Rosenberg*, Institutul de Cercetări Electrotehnice București — *Magneți permanenți oxidici, realizați pe baza cercetărilor* ICET.

16. Conf. ing. *I. Sonea*, Institutul Politehnic București — *Cercetări asupra aliajelor cu cîmp coercitiv mare.*

Grupa a IV-a — *Măsurători magnetice*

17. Ing. *A. Segal*, Institutul de Fizică Atomică al Academiei R.P.R. — *Dispozitiv electronic pentru încercarea și sortarea ineleior magnetice de comutare.*

18. Ing. *N. Terchilă*, Trustul de construcții și montaje energetice, Întreprinderea nr. 5 Sibiu — *Metode și dispozitive pentru încercarea industrială a materialelor magnetice moi.*

19. Conf. ing. *A. Semlyén*, Institutul Politehnic Timișoara — *Magnetizarea transversală și aplicațiile ei la transformatoare de curent.*

Se prevede ca lucrările consfătuirii să fie publicate într-un volum. Astfel, în curînd, comunicările și dezbaterile consfătuirii se vor difuza în marea masă a inginerilor, tehnologilor și tehnicienilor, care vor putea să profite de ele pentru continuarea eforturilor spre modernizarea și mărirea producției noastre electrotehnice.

Dr. ing. **A. Avramescu**

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU, prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, prof. dr. ing. A. AVRAMESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R. (redactor responsabil), ing. V. BUNEA, laureat al Premiului de Stat, prof. dr. ing. V. CORLĂȚEANU, ing. ȘT. GROSU, conf. ing. GH. HORTOPAN, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. G. LAZARIDE, prof. dr. ing. R. RĂDULET, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat.

Revista „ELECTROTEHNICA", organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Grele. Editor: Asociația Științifică a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. Redacția: București, Str. Ion Ghica, nr. 3. Telefon 16.78.78. Administrația și Casieria: București, Calea Victoriei, nr. 118. Telefon 14 06 24. Redacția își rezervă toate drepturile privind lucrările precum și materialul grafic-ilustrativ apărut în revistă, cît și privitoare la traducerea în limbi străine. Se admit extrase, referate sau comentarii numai cu indicarea completă a sursei. Revista apare lunar. Abonamentul anual: pentru întreprinderi lei 100, individuale lei 30. Prețul unui exemplar: lei 5. Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediile filialelor ASIT, precum și la responsabilii cu presa din cercurile ASIT. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinetele tehnice în contul nostru de virament: Publicațiile Tehnice ASIT-070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin București. Tiparul: Întreprinderea Poligrafică Nr. 2. — c. 1307.

INHALT

*** **Die Entwicklung des elektrotechnischen und elektroenergetischen Fachgebietes im Lichte des Direktivenentwurfs des 3. Parteitags der Rumänischen Arbeiterpartei**
Electrotehnica **8** (1960) 6, 185–187

DK 621.313.32.017.5

Tănăsescu Fl. : **Einrichtung zur Bestimmung von Windungsschlüssen in den Wicklungen der Hochspannungs-Maschinen**
Electrotehnica **8** (1960) 6, 188–193

Die Aufdeckung von Windungsschlüssen in den Wicklungen von Hochspannungsmaschinen vor dem Einbau hat den grossen Vorteil der Vermeidung von langwierigen Sucharbeiten nach Windungsschlüssen an fertigen Einheiten auf dem Probestand. Nach Angabe des Entwicklungsstandes anhand des Schrifttums, stellt der Verfasser die Berechnungsgrundlagen zum Entwurf einer Prüfanlage dar, die im Elektrotechnischen Forschungsinstitut ausgeführt wurde. Die Prüfung auf Windungsschluss erfolgt durch Beaufschlagung der Spulen mit stromstarken Hochfrequenz-Stössen, und die Ortung durch einen Kurzschluss-Detektor. Auf Grund der Versuche wurde vom Verfasser eine Prüfmethode ausgearbeitet.

DK 621.315.615.2(498) : 621.319.4

Bercu A. : **Dielektrische Eigenschaften des rumänischen Kondensatoröles**
Electrotehnica **8** (1960) 6, 193–199

Zunächst wird die Fabrikationsverfahren des rumänischen Kondensatoröles beschrieben. Zur Feststellung des Einflusses jeder Phase der Behandlung auf die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Oeles, werden seine dielektrischen Kennziffern ε, ρ und $\operatorname{tg}\delta$ in Abhängigkeit von der Temperatur und vom elektrischen Feld untersucht. Ferner werden die bei der Messung der dielektrischen Kennziffern von flüssigen Isolierstoffen verwendeten Elektroden einschliesslich der für die vorliegende Arbeit benutzten Typen beschrieben. Sowohl der Rohstoff, der Transformatoröl 2004, als auch die Behandlungsstoffe werden im Inland hergestellt, wodurch der Erzeugung des rumänischen Kondensatoröles eine wirtschaftliche Bedeutung verliehen wird.

DK. 621.352.32.001.5

Barosu M., Enăchescu C., Melehova E. : **Beitrag zur Modernisierung des galvanischen Elements $Zn-Mn_2O$.**
Electrotehnica **8** (1960) 6, 199–209

Es wird zunächst eine kurze, allgemeine Uebersicht der Bemühungen zur Modernisierung der Massenherstellung von galvanischen Elementen angegeben. Dann wird die im Institut für elektrotechnische Forschungen (ICET) hergestellte und für Taschenlampen- und Anodenbatterien bestimmte moderne Ausführung eines Flachelementes beschrieben und zugleich ein vereinfachtes technologisches Verfahren, das sich im „Electro-Banat"-Werk im Versuchsstadium befindet, angegeben.

Schliesslich werden die elektrischen Eigenschaften dieser Elemententype im Vergleich zu denjenigen des jetzt erzeugten Elementes angegeben und die besonders wichtigen technisch-wirtschaftlichen Vorteile hervorgehoben, welche sich durch ihre Massenherstellung ergeben würden.

DK 621.318.22 : 621.785.3 FeBa

Ivaşcu V., Rozemberg M., Tanah V., Cîrlan L. : **Anisotrope Dauermagnete aus Bariumferrit**
Electrotehnica **8** (1960) 6, 210–214

Der Aufsatz bringt Aspekte aus der Fabrikationsentwicklung und den Leistungen der gesinterten Oxyddauermagnete. Nach einigen theoretischen Erörterungen werden die Forschungsarbeiten des Institutes für elektrotechnische Forschungen (ICET) zur Feststellung der Parameter im technologischen Prozess der Erzeugung von anisotropen Dauermagneten aus Bariumferriten dargelegt. Beobachtet werden der Einfluss der Orientierungs- und Druckbedingungen im magnetischen Felde, sowie die Wärmebehandlung auf die magnetischen Eigenschaften des Enderzeugnisses.

Die Forschungsarbeiten bildeten die technologische Fabrikationsgrundlage der anisotropen Dauermagnete der Type „Feroxdur III' .

RUNDSCHAU, 215–218
BÜCHER, 219—221
NACHRICHTEN 222–224

621.3 ELECTROTEHNICĂ GENERALĂ

CZ 621.3.045.56

Reutt, A. :
Folosirea barelor trapezoidale în construcţia coliviilor motoarelor cu crestături adînci. Przegl. Elektrotechn. **36** (1960) 1, 22—23, 4 fig., 3 ref.

CZ 621.3.066.001.4

Franken, H. :
Măsurarea şocurilor contactelor pe întreruptoare, contactoare, relee şi alte aparate de manevră. Elektrotechn. Z.d.B **12** (1960) 3, 53—54, 5 fig., 3 ref.

621.313. MAŞINI ELECTRICE

CZ 621.313.12 : 621.316.9

Ferschl, L. :
Noutăţi în protecţia generatoarelor. Elektrotechn. u. Maschinenbau **77** (1960) 1, 3—11 ; 2, 31—39 ; 3, 56—62, 47 fig., 5 ref.

CZ 621.313.333.001.5

Przezdziecki, F. :
Încercarea motoarelor de inducţie cu luarea în consideraţie a variabilităţii parametrilor lor. Przegl. Elektrotechn. **36** (1960) 1, 10—12, 7 fig., 4 ref.

CZ 621.313.325.012.2

Pevzner, O. B. :
Circuitul echivalent şi diagrama exactă a cercului pentru o maşină sincronă reactivă. Electricestvo **81** (1960) 2, 64—68, 5 fig., 8 ref.

CZ 621.313.13

Newton, C. E. :
Alegerea motoarelor electrice pentru condiţii neobişnuite. Engng. Materials and Design **3** (1960) 2, 70—76, 14 fig., 2 tab., 3 ref.

CZ 621.313.223.043.3

Ennio, C. P. :
Posibilitatea de limitare a reacţiei indusului în maşinile mici şi mijlocii de c.c. Przegl. Elektrotechn. **36** (1960) 1, 43—44, 1 fig.

CZ 621.314.22—81.013.8

Kibler, W. :
Analiza condiţiilor de funcţionare privind parametrii şi sistemul de excitaţie a marilor turboalternatoare. Przegl. Elektrotechn. **36** (1960) 1, 43.

621.314 TRANSFORMAREA ENERGIEI ELECTRICE

CZ 621.314.21.001.36(43)(—87)

Langer, H. :
Comparaţie între proiectele de transformatoare în Germania şi în alte ţări. Elektrotechn. Z.—A. **81** (1960) 3, 81—90, 18 fig., 2 tab., 10 ref.

CZ 621.314.21.017.014.3

Melchinger, A. :
Rezolvarea problemelor de încălzire şi de scurt circuit la transformatoarele mari. Elektrotechn. Z.—A. **81** (1960) 2, 47—52, 7 fig., 6 ref.

CZ 621.314.21.042.12

Goldstein, A. :
Noi căi în construcţia miezurilor transformatoarelor. Elektrotechn. Z.—A. **81** (1960) 2, 53—59, 17 fig., 1 tab., 5 ref.

CZ 621.314.21.048.1 : 66.047.2

Moser, H. P. :
Usearea şi degazarea izolanţilor folosiţi în transformatoarele de putere pentru înaltă tensiune. Elektrotechn. Z.—A **81** (1960) 2, 41—47, 14 fig., 10 ref.

CZ 621.314.212.027.7.045.8

Aftalion, R. :
Cercetări privitoare la rezistenţa mecanică a transformatoarelor de mare putere supuse la scurteireuite repetate. Rev gén. Electr. **69** (1960) 1, 3—18, 23 fig., 13 ref.

621.315.61/62. MATERIALE IZOLANTE. IZOLATORI

CZ 621.315.62.s027.3

Streng, J. :
Comanda prin glazură semiconductoare a potenţialului izolatorilor de înaltă tensiune. Elektrie **14** (1960) 2, 55—56. 6 fig., 2 tab., 4 ref.

CZ 621.315.624.5 : 621.315.612.6

Nikolaiev, N. A., Andriohina, F. D., Vesely, V. A., Diakovski, S. I. :
Izolatori de suspensie din sticlă. Electricestvo **81** (1960) 2, 41—46, 7 fig., 3 tab., 8 ref.

CZ 621.3.015.51 : 537.527/29

Ikanavi, G. I. :
Concepţiile moderne asupra străpungerii dielectricilor. Electricestvo **81** (1960) 2, 1—8, 3 diagr., 4 ref.

CZ 621.315.61 : 620.198 : 551.5

Magdziarz, L. :
Încercarea izolaţiei electrice în condiţiile naturale ale climatului tropical. Przegl. Electrotechn. **36** (1960) 1, 19—22, 3 fig., 5 tab.

CZ 621.315.62.027.81/82

Robinson W. G. :
Izolatori pentru tensiuni foarte înalte. Electr. Rev. **166** (1960) 1, 3—6, 6 fig., 1 tab., 3 ref.

621.316.5 APARATAJ

CZ 621.316.5.066.6.004.6

Naidenow, E., Hoffrichter, G. :
Rezistenţa la ardere a materialelor pentru contactele aparatajului de joasă tensiune. Elektrie **14** (1960) 2, 73—74, 2 fig., 1 tab., 4 ref.

CZ 621.316.5.064.31

Baltensperger, P. :
Definiţia prin 4 parametri a tensiunii tranzitorii de restabilire la bornele unui disjunctor ; posibilităţile staţiilor de încercare la scurteircuit. Bull. Ass. suisse electr. **51** (1960) 3, 97—102, 5 fig., 2 tab., 3 ref.

CZ 621.316.542 : 621.314.21.064.1

Manzinger, H. :
Despre conectarea comutatoarelor sub sarcină în cazul transformatorului cu curent de scurteircuit. Elektrotechn. u. Maschinenbau **77** (1960) 4, 69—78, 15 fig., 12 ref.

CZ 621.316.57.001.41

Cernişev, L. M., Liasenko, V. P. :
Dispozitivul de sincronizare al unui circuit sintetic pentru încercarea întreruptoarelor la puterea de rupere. Electricestvo **81** (1960) 2, 53—57, 4 fig., 7 ref.

CZ 621.316.57.015.33.001.41

Kaplan, V. V., Naşatîr, V. M., Ivanov, V. L. :
O metodă statistică pentru determinarea tensiunii acceptate la încercarea întreruptoarelor la puterea de rupere. Electricestvo **81** (1960) 2, 69—73, 5 diagr., 2 ref.

CZ 621.316.5.017.7

Zalisk, A. M., Moiseev, M. B., Popova, E. G. :
Încălzirea conductoarelor electrice în aparatele electrice. Electricestvo **81** (1960) 2, 73—77, 11 fig., 2 ref.

CZ 621.316.57.064.26

Zboroski, J., Seidel, S. :
Aparatajul în vid şi aplicaţiile lui în instalaţiile electrice de forţă. Przegl. Elektrotechn. **36** (1960) 1, 15—19, 12 fig., 1 tab., 6 ref.

CZ 621.316.57.064.25.001.41

Cliff, J. I. :
Un cod pentru încercarea întreruptoarelor în ulei. Electr. J. **164** (1960) 2, 83—85, 3 ref.

621.317. MĂSURI ELECTRICE

CZ 621.317.384.015.532

Gelez., J.-P. :
Măsurarea separată a pierderilor prin efluvii într-un material izolant neomogen. Elektrotechn. Z.—A. **81** (1960) 4, 129—132, 9 fig., 2 ref.

CZ 621.317.382 : 621.317.783

Salbzmann, A. :
Măsurarea puterii active cu instrumente reactive în timpul perturbaţiilor din sisteme Distribution of Electricity **32** (1960) 2, 359—361, 367, 4 fig., 1 tab., 2 ref.

CZ 621.3.018.12

Frohlich, H.-J. :
Producerea defazajelor la tensiuni alternative sinusoidale. Radio und Fernschen **9** (1960) 4, 125—126, 7 fig., 1 ref.

Citiți

TEHNICA NOUĂ

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR

Vă informează săptămînal

ASUPRA ULTIMELOR REALIZĂRI TEHNICE DIN ȚARĂ ȘI STRĂINĂTATE

COSTUL UNUI ABONAMENT ANUAL: 26 LEI

Redacția și administrația: București, Calea Victoriei 118

Telefon 13.27.60 — 14.06.24

NOUL PRODUS DE CALITATE

Radioreceptorul

Junior

- Vă asigură o reproducere sonoră, naturală şi plăcută, în gamele de unde lungi, medii şi scurte
- Dispozitive simple şi originale de acord şi comutare
- Casetă elegantă cu o mască ornament din material plastic, care se adaptează în mod armonios la orice interior

Electronica

FABRICĂ DE PIESE ŞI APARATE DE RADIO, TELEVIZOARE ŞI ELECTRONICĂ INDUSTRIALĂ

Bucureşti — Str. Baicului nr. 82, Telefon: 12 19 40 - 12 19 46 -- 12 19 49

Ingineri şi tehnicieni

Apar :

Revistele tehnice de specialitate, elaborate de Asociaţia Ştiinţifică a Inginerilor şi Tehnicienilor, aduc la cunoştinţă cadrelor tehnice din producţie, învăţământ, cercetare şi proiectare, ultimele realizări obţinute în ştiinţele tehnice din ţară şi străinătate.

AUTOMATICA ŞI ELECTRONICA
CELULOZĂ ŞI HÎRTIE
ELECTROTEHNICA
ENERGETICA
HIDROTEHNICA
INDUSTRIA LEMNULUI
INDUSTRIA TEXTILĂ
INDUSTRIA UŞOARĂ
METALURGIA ŞI CONSTRUCŢIA DE MAŞINI
PETROL ŞI GAZE
REVISTA CONSTRUCŢIILOR ŞI A MATERIALELOR DE CONSTRUCŢII
REVISTA DE CHIMIE
REVISTA INDUSTRIA ALIMENTARĂ — PRODUSE ANIMALE
REVISTA INDUSTRIA ALIMENTARĂ — PRODUSE VEGETALE
REVISTA MINELOR
REVISTA PĂDURILOR
REVISTA TRANSPORTURILOR
TELECOMUNICAŢII

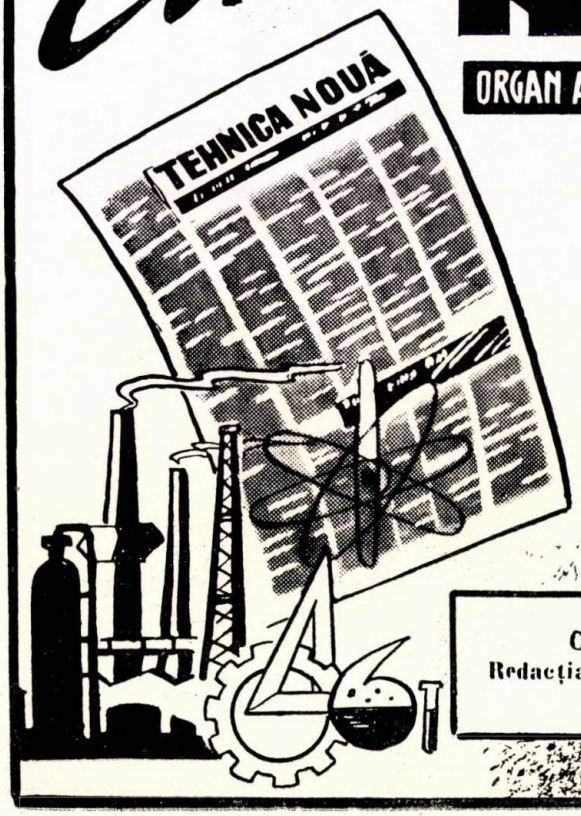
Un abonament anual pentru ingineri şi tehnicieni lei 30, pentru biblioteci, instituţii, cabinete tehnice etc. lei 100, prin cont virament nr. 070124 B.R.P.R.-Filiala I.V. Stalin

Abonamentele se primesc la sediul Consiliului Central ASIT

Bucureşti — Calea Victoriei Nr. 118 — Raionul I. V. Stalin — Telefon 14-06-24.

Citiţi **TEHNICA NOUĂ**

ORGAN AL ASOCIAŢIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR



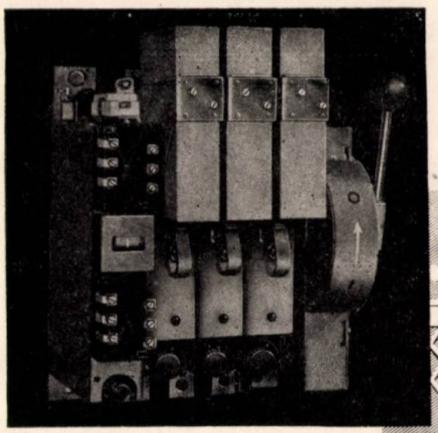
Vă informează

SĂPTĂMÎNAL ASUPRA ULTIMELOR REALIZĂRI TEHNICE DIN ŢARĂ ŞI STRĂINĂTATE

COSTUL UNUI ABONAMENT ANUAL: 26 LEI

Redacţia şi administraţia: Bucureşti, Calea Victoriei 118

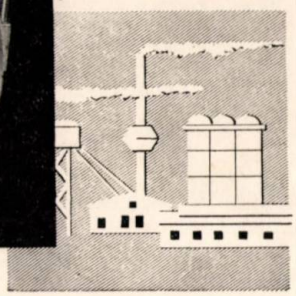
Telefon 13.27.60 — 14.06.24



Pentru electrificare, automatizare, mecanizare

Intreruptorul de putere EL 400

cu o mare putere de rupere, datorită unui nou sistem de contacte



- Compus din elemente constructive unitare, cu o durată lungă de viață, la dimensiuni reduse
- Uzură mică datorită contactelor din argint ecruisat și argint-wolfram
- Capacitate mare de rupere, datorită declanșării instantanee
- Reglare ușoară a curentului de declanșare a declanșatorului rapid al fiecărei faze
- Stabilitate absolută la scurtcircuite a releelor bimetalice

Fabricăm în afară de aceasta:

Aparate de conectare ● Aparate de măsurat ● Contoare ● Relee ● Redresoare

Vă rugăm cereți prospectele noastre

REPREZENTANȚA COMERCIALĂ A R. D. G. ÎN R. P. R.

București, Calea Dorobanți nr. 14 – Adresa telegrafică DIPLOMGERMAN, București

EAW

VEB ELECTRO — APARATE — WERKE

Berlin Treptow, Hohmannstrasse

Seria de întreruptoare de putere pentru 200 A, 400 A și 630 A

Cu tipul EL 400 și cu tipurile în dezvoltare EL 200 și EL 630, întreprinderea „VEB Elektro-Apparate-Werke, Berlin-Treptow" pune la dispoziția industriei întreruptoare de putere, care corespund celor mai pretențioase cerințe.

DESCRIEREA SUMARĂ

Noua serie de întreruptoare de putere se caracterizează printr-o capacitate mare de rupere, o durată lungă de viață și prin dimensiuni foarte reduse. Cu toate că aceste condiții au fost realizate, construcția a rămas simplă și clară, s-a realizat în mod consecvent sistemul compunerii din elemente constructive demontabile.

Sistemul de contacte se compune din contactele principale și din contactul de rupere al arcului. Contactele principale, care se deschid întîi, au — prin renunțarea la benzi flexibile — o dublă întrerupere și sînt amenajate astfel încît forțele electrodinamice lucrează în sensul întăririi contactului. Pentru obținerea unui contact sigur și a unei comportări favorabile din punct de vedere dinamic, contactul este lamelat. Alegerea unui aliaj de argint dur pentru contactul principal și a unui aliaj din wolfram și argint pentru contactul de rupere al arcului garantează o uzură minimă și o ardere redusă.

Sistemul de contact al fiecărei faze este montat separat într-o cameră realizată prin presare. Acestea se înșiră pe buloane cu ghivent. Pereții laterali ai camerei se fixează: închizătorul cu pirghie cotită, resorturile necesare anclanșării rapide independente, releele de declanșare la tensiune scăzută sau la supracurenții de exploatare, releele cu bimetal și dispozitivul de indicare a poziției. Pe pereții laterali din dreapta se află dispozitivul de acționare respectiv. Apoi, în partea stîngă sînt montate două întreruptoare secundare tripolare acționate de către axul de comandă și un întreruptor secundar bipolar, acționat de pirghia anclanșării rapide. Funcționarea rapidă permite o anclanșare și o declanșare rapidă independentă de manipulat, ceea ce are un efect de sporire a capacității de rupere.

Fiecare fază posedă releul său de declanșare rapidă, care se poate regla pentru curentul dorit, prin învîrtirea unui buton. Releul cu bimetal este încălzit de către transformatoare saturate, montate pe bara superioară de racord. Astfel, releul cu bimetal este complet protejat contra scurtcircuitelor.

Stingerea arcului se produce într-o cameră mică de tipul DEION.

UTILIZAREA

Întreruptorul se montează în instalații, unde este nevoie de întreruptoare de putere, cu parametri variabili, și care, la dimensiuni reduse, au capacitate mare de rupere. Ca acționări se pot prevedea acționarea normală manuală (cu manetă), acționarea indirectă cu pirghii, precum și acționările — astăzi încă în studiu — cu aer comprimat sau cu motor. Pentru întreruptorul de 200 A se utilizează un magnet de anclanșare în loc de acționare prin motor. Întreruptoarele, chiar în execuția lor normală, rezistă condițiilor din regiunile tropicale. Racordurile superioare și inferioare sînt prevăzute cu șuruburi și piulițe hexagonale, putînd fi utilizate pentru racordarea la bare sau la cabluri. Un racord cu fișă este încă în studiu. Montarea releelor de declanșare se realizează după sistemul combinării, din piese demontabile, adică releele sînt etalonate înainte de montarea lor în întreruptor și introduse apoi în aparat în conformitate cu comanda beneficiarului. De asemenea, schimbarea releelor de declanșare la locul de montaj este posibilă fără o reetalonare. Releul termic de supracurent se poate regla oricînd în raportul 1 : 2, de exemplu de la 200 la 400 A.

Dacă ulterior se cere o altă gamă de reglaj, este suficient a se înlocui transformatorul de curent. Releul termic de supracurent este compensat față de temperatura ambiantă. Sînt în studiu și construcții speciale, de exemplu relee de supracurent cu dispozitiv de întîrziere, încetinirea declanșării rapide, aparate capsulate etc.

DATE TEHNICE

ÎNTRERUPTOR DE PUTERE

de 400 A	Întreruptorul corespunde prescripțiilor VDE, GOST și IEC.
Tensiune nominală	500 V;
Curent nominal	400 A
Capacitate de rupere	25 kA la 550 V, cos φ = 0,4
Relee termice de supracurent	100—200 A; 200—400 A
Declanșare rapidă	800—1 600; 1 500—3 000 A
Durata de viață mecanică	Clasa B de aparate conform VDE

E 2040

REFERATIVA

ELECTROTEHNICA

R

7

Electrotehnica – Bucureşti ★ Anul 8 ★ nr. 7 ★ p. 225 – 264 ★ iulie 1960

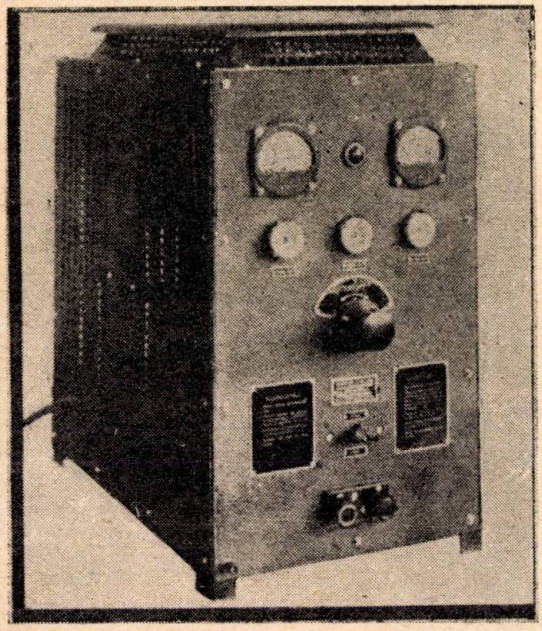
UZINA
GRIGORE PREOTEASA

BUCUREŞTI, CALEA RAHOVEI Nr. 266

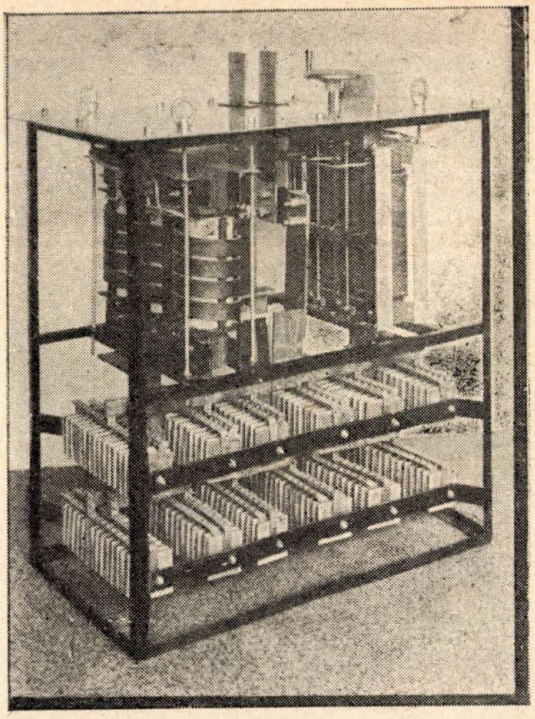
Oferă spre contractare fără repartiţie:

Redresoare cu seleniu pentru utilizare la băile galvanice, în cinematografie, la alimentarea instalaţiilor telefonice şi telegrafice etc. — de orice tensiune şi curent.

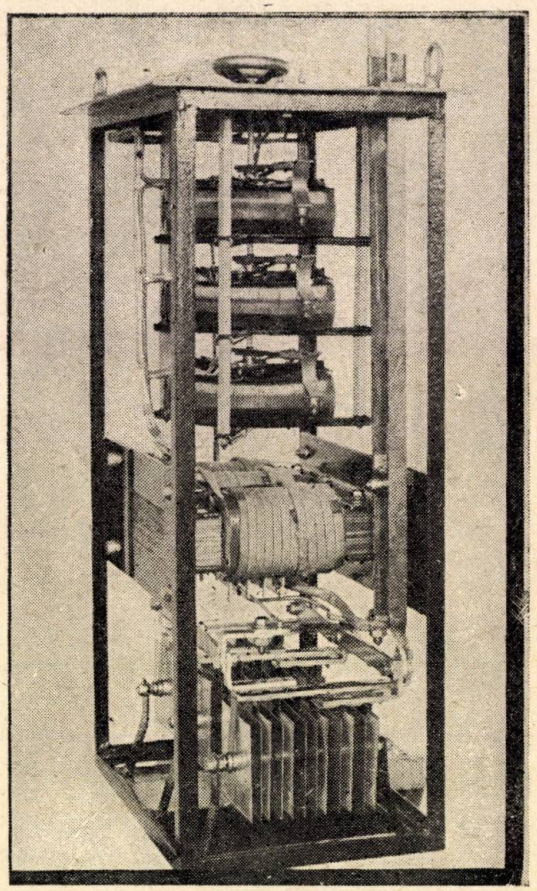
De asemenea oferă şi montaje cu plăci de seleniu pentru orice tensiune şi curent.



← Redresor pentru încărcat acumulatoare 50 V—30 A



Redresor pentru băi galvanice 0-12 V—1000 A



Redresor pentru băi galvanice 0-12 V—100 A

Pe bază de repartiţie M.I.G. livrează redresoare pentru încărcarea acumulatoarelor de orice capacitate.

★

Pentru orice informaţie tehnică doritorii se vor adresa la sediul uzinei noastre din Bucureşti

CALEA RAHOVEI Nr. 266

SERVICIUL TEHNIC

TELEFON 14.61.50. — Interior 121

ELECTROTEHNICA

Anul 8 nr. 7 iulie 1960

CUPRINS

Perspectivele luminoase deschise de Congresul al III-lea al Partidului Muncitoresc Romîn pentru economia naţională a patriei noastre

Electrotehnica *8* (1960) 7, 225–228

CZ 621.312 (498) Klement Gottwald

Iancovici V. : **Intreprinderea „Klement Gottwald" o unitate importantă a industriei noastre electrotehnice în plină dezvoltare**

Electrotehnica *8* (1960) 7, 229–232

CZ 621.316.925.44.001.24

Cosmin Gh., Tomoioagă R. : **Contribuţii la calculul releelor termice pentru protecţia motoarelor**

Electrotehnica *8* (1960) 7, 233–243

Pentru rezolvarea cazurilor practice de folosire a lamelelor bimetalice se demonstrează o relaţie care dă săgeata bimetalului în funcţie de temperatură la o forţă antagonistă dată, relaţie care se verifică experimental. Se introduce noţiunea de temperatură echivalentă care permite studiul relaţiei directe între curentul care străbate lamela bimetalică şi săgeata acesteia. Pe baza relaţiilor stabilite se fundamentează o metodă de dimensionare a releelor termice pentru protecţia motoarelor, legată de condiţiile tehnice standardizate.

CZ 621.316.57.066.6.004.6 ;621.398

Barbu I. : **Dispozitive electronice pentru comanda aparatelor de comutaţie la încercarea la uzură**

Electrotehnica *8* (1960) 7, 243–246

Îmbunătăţirea aparatajului de comutaţie se face în urma concluziilor rezultate din exploatarea şi încercarea acestora. Dispozitivele realizate permit comanda aparatelor de comutaţie la încercările de uzură mecanică, electrică, capacitate de rupere, sudura contactelor şi încercarea la uzură a contactelor. Reglarea ciclurilor de conectare, precum şi a duratei relative de conectare se face prin comutarea unor rezistenţe chimice de putere foarte mică.

CZ 621.318.134 ;538.23

Ivaşcu V., Rosemberg M., Tanach V., Cîrlan L. : **Miezuri magnetice de ferită pentru aplicaţii în radiotehnică, automatică şi telecomunicaţii (Ferite cu ciclu de histerezis dreptunghiular)**

Electrotehnica *8* (1960) 7, 246–254

Lucrările de cercetare întreprinse la ICET au permis elaborarea unor miezuri de ferită cu ciclu de histerezis dreptunghiular, pentru circuite de memorizare prin coincidenţă şi circuite de comutare în telecomandă. Se descriu procedeele experimentale aplicate şi rezultatele obţinute.

Au fost studiate : influenţa compoziţiei chimice, a formei şi dimensiunilor miezurilor, precum şi condiţiile tratamentului termic asupra performanţelor magnetice.

PENTRU TÎNĂRUL INGINER

CZ 518.4 ;621.3

Avramescu A. : **Avantajele utilizării nomogramelor în electrotehnică**

Electrotehnica *8* (1960) 7, 254–258

Se arată că nomogramele permit o economie de timp a unor cadre de înaltă calificare, în toate cazurile cînd un calcul trebuie repetat des. Inginerii din institutele de proiectare, din exploatări pot beneficia în largă măsură de avantajele ce le oferă nomogramele, anume caculul rapid, inversarea formulei şi stabilirea rapidă a influenţelor unui parametru.

REFERATE, 258
RECENZII, 259–260
DOCUMENTARE, 261–264

CONTENTS

The luminous future prospects opened by the 3d Congress of the Rumanian Workers'Party for the national economy of our fatherland.

Electrotehnica 8 (1960) 7, 225—228

DC 621.312(498) Klement Gottwald

Iancovici V. : **The enterprise „Klement Gottwald" — an important unity of our electrical industry in full development.**

Electrotehnica 8 (1960) 7, 229—232

DC 621.316.925.44.001.24

Cosmin Gh., Tomoioagă R. : **Contributions to the calculus of motor protective thermal relays.**

Electrotehnica 8 (1960) 7 233—243

Aiming at solving the practical uses of bimetallic strips, a relationship is demonstrated which gives the deviation of the bimetall as a function of temperature at a given counteraction force, relation which is experimentally verified. The equivalent temperature is introduced which allows studying both the direct relationship between the current passing the bimetallic strip and its deviation. Starting from the established relationships, a method is developed for dimensioning motor protective thermal relays, connected to the technical standard conditions.

DC 621.316.57.066.6.004.6 ; 621.398

Barbu I. : **Electronic devices for switch-gear control on wear testing.**

Electrotehnica 8 (1960) 7, 243—235

The improvement of switch-gear is made as a consequence of the conclusions resulted from their working and testing. The achieved devices allow the control of switch-gear when testing for mechanical and electrical wear, breaking capacity, welding of contacts and test on contacts related to wear. Regulating of connection cycles as well as the relative connecting time are made by commutation of very small power chemical resistances.

DC 621.318.134 ;538.23

Ivaşcu V., Rosemberg M., Tanach V., Cirlan L. : **Magnetic ferrite cores for applications in radio-engineering, automatic control and telecommunications. (Ferrites with rectangular hysteresis loop.)**

Electrotehnica 8 (1960) 7, 247—254

The research investigations undertaken at the Electrical Engineering Research Institute — ICET — have allowed to work out some ferrite cores with rectangular hysteresis loop, for memorizing circuits for coincidence and commutation circuits in remote control. The applied experimental procedures are described together with the results obtained.

The influence of the chemical compositions, shape and dimensions of the cores, as well as the conditions of the thermal treatment on magnetic performances — are studied.

FOR THE YOUNG ENGINEER

DC 518.4 ;621.3

Avramescu A. : **The advantages of using nomograms in electrical engineering.**

Electrotehnica 8 (1960) 7, 254—258

It is shown that the nomograms permit time savings in all the instances when a calculus is frequently repeated. The engineers working in projecting institutes and industrial enterprises may benefit on large scale on the advantages offered by nomograms, viz. the rapid calculus, the inversion of the formula and the rapid establishment of a parameter.

REPORTS, 259

BOOK REVIEWS, 259—260

DOCUMENTATION, 261—264

СОДЕРЖАНИЕ

Широкие перспективы открываемые III Съездом Румынской Рабочей Партии народному хозяйству нашей Родины.

Electrotehnica *8* (1960) 7, 225–228.

ДК 622.312 (498) Klement Gottwald

Iancovici V.: **Предприятие им. Клемента Готтвальда — одно из крупнейших единиц нашей электротехнической промышленности на полном подъеме.**

Electrotehnica *8* (1960) 7, 229–232

ДК 621.316.625.44.001.24

Cosmin Gh., Tomoioagă R.: **К вопросу расчета тепловых реле для защиты двигателей.**

Electrotehnica *8* (1960) 7, 233–243

В целях решения практических случаев применения биметаллических пластинок приводится соотношение выражающее зависимость стрелы прогиба от температуры и данной противодействующей силы, подтверждаемое экспериментально. Вводится понятие эквивалентной температуры, допускающей исследование непосредственного соотношения между проходящим через биметаллическую пластинку током и соответствующей стрелой прогиба. На основе выведенных выражений предлагается метод расчета тепловых реле для защиты двигателей применительно к стандартным техническим условиям.

ДК 621.316.57.066.6.004.6 ; 621.398

Barbu I.: **Электронные приспособления для управления переключателями при испытании на износ.**

Electrotehnica *8* (1960) 7, 243–246

Отмечается усовершенствование переключающих устройств в результате выводов, основанных на их эксплуатации и испытаниях. Разработанные приспособления допускают управление переключающих устройств при испытании на механический, электрический износ, на разрыв, сварку контактов и испытании контактов на износ. Регулирование циклов подключения, а также относительной продолжительности подключения осуществляется переключением химических сопротивлений весьма малой мощности.

ДК 621.318.134 : 538.23

Ivaşcu V., Rosemberg M., Tanach V., Cîrlan L.: **Ферритовые сердечники с прямоугольным циклом гистерезиса для применения в радиотехнике, автоматике и связи.**

Electrotehnica *8* (1960) 7, 246–254

Предпринятые ИЧЕТ исследовательские работы создали условия, необходимые для разработки ферритовых сердечников с прямоугольным циклом гистерезиса для запоминающих цепей совпадением и цепи переключения для дистанционного управления. Описаны примененные экспериментальные методы и полученные рзультаты.

Исследовались: влияние химического состава, формы и размеров сердечников, а также влияние термообработки на магнитные свойства.

ДЛЯ МОЛОДОГО ИНЖЕНЕРА

ДК 518.4 ;621.3

Avramescu A.: **Преимущества применения монограмм в электротехнике.**

Electrotehnica 8 (1960) 7, 254–258

Указывается, что использование монограмм ведет к экономии времени во всех случаях часто повторяемых видов расчета. Инженеры проектных институтов и производственики могут широко пользоваться преимуществами применения монограмм при выполнении срочных расчетов, инверсии формул и скоростном определении влияния ряда параметров.

РЕФЕРАТЫ, 258

РЕЦЕНЗИИ, 259–260

ДОКУМЕНТАЦИЯ. 261–264

INHALTSVERZEICHNIS

Die vom 3. Parteitag der Rumänischen Arbeiterpartei erschlossenen Zukunftsaussichten für die Volkswirtschaft unseres Vaterlandes.

Electrotehnica *8* (1960) 7, 225—228

DK 621.312(498) Klement Gottwald

Iancovici V.: **„Klement Gottwald" eine wichtige in voller Entfaltung befindliche Einheit unserer elektrotechnischen Industrie.**

Electrotehnica *8* (1960) 7, 229—232

DK 621.316.925.33.061.24

Cosmin Gh., Tomoioagă R.: **Beiträge zur Berechnung der thermischen Relais zum Schutz von Elektromotoren.**

Electrotehnica *8* (1960) 7, 233—243

Zur Lösung praktischer Fälle der Verwendung von Bimetallstreifen wird eine experimentell nachweisbare Beziehung abgeleitet, welche bei einer gegebenen Gegenkraft die Durchbiegung des Bimetalls in Abhängigkeit von der Temperatur angibt. Die Einführung des Begriffes „äquivalente Temperatur" ermöglicht die Untersuchung der unmittelbaren Beziehung zwischen dem Strom, welcher den Bimettallstreifen durchfliesst und der Durchbiegung dieses Streifens. Auf Grund der gefundenen Beziehungen wird eine Methode der Bemessung thermischer Relais zum Motorschutz abgeleitet, welche auch die technischen Vorschriften berücksichtigt.

DK 621.316.57.066.6.004.6 :.621.398

Barbu I.: **Elektronische Vorrichtungen zur Steuerung der Umschaltungen bei Verschleissversuchen.**

Electrotehnica *8* (1960) 7, 243—246

Die Verbesserung der Schaltgeräte erfolgt auf Grund der Erfahrungen, die im Betrieb und während der Prüfungen gesammelt werden. Die ausgeführten Vorrichtungen ermöglichen die Steuerung der Schaltgeräte bei Prüfungen auf mechanischem und elektrischem Verschleiss, Zerreisfestigkeit sowie Schweissneigung und Lebensdauer der Kontakte. Die Regelung der Schaltfrequenz sowie der Einschaltdauer geschieht durch Umschaltung von chemischen Wiederständen.

DK 621.318.134.538.23

Ivaşcu V., Rosenberg M., Tanach V., Cirlan L.: **Magnetische Ferritkerne Anwendungen in der Radiotechnik, der Automatik und dem Fernmeldewesen. (Ferrite mit rechteckiger Hysteresisschleife)**

Electrotehnica *8* (1960) 7, 247—254

Die im Forschungsinstitut (ICET) unternommenen Arbeiten führten zur Herstellung von Ferritkernen mit reckteckiger Hysteresisschleife für Koinzidenzmatritzen und für Umschaltstromkreise in der Fernsteuerung. Die angewandten Versuchsverfahren sowie die erzielten Ergebnisse werden besprochen.

Die Untersuchungen erstreckten sich auf die chemische Zusammensetzung und die Abmessungen der Kerne, sowie auf den Einfluss der thermischen Behandlung auf die magnetischen Eigenschaften.

FÜR DEN JUNG INGENIEUR

DK 518.4 ;621.3

Avramescu A.: **Die Vorteile der Verwendung von Nomogrammen in der Elektrotechnik.**

Electrotehnica *8* (1960) 7, 254—258

Man zeigt, dass Nomogramme in allen denjenigen Fällen eine Zeitersparnis bedeuten, in denen eine Berechnung öfter wiederholt werden muss. Die Ingenieure aus den Forschungsinstituten, sowie diejenigen aus dem Betrieb können die Vorteile der Nomogramme weitgehendst ausnützen, um Berechnungen schnell auszuführen, besonders in Fällen der Umkehrung der Formeln und zur raschen Bestimmung der Einflüsse eines Parameters.

RUNDSCHAU, 258

BÜCHER, 259—260

DOKUMENTATION, 261—264

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.
ŞI AL MINISTERULUI INDUSTRIEI GRELE

Anul 8 nr. 7 Bucureşti, iulie 1960

MÜSZAKI KÖNYVTÁR ORSZÁGOS 1883

Perspectivele luminoase deschise de Congresul al III-lea al Partidului Muncitoresc Romîn pentru economia naţională a patriei noastre

În intervalul 20—25 iunie a.c. s-au desfăşurat lucrările celui de-al III-lea Congres al Partidului Muncitoresc Romîn, eveniment de cea mai mare însemnătate pentru viaţa poporului romîn şi de larg răsunet peste hotarele ţării.

Congresul al III-lea al Partidului Muncitoresc Romîn a luat în dezbatere Raportul Comitetului Central, prezentat de tovarăşul Gheorghe Gheorghiu-Dej şi a aprobat activitatea rodnică şi multilaterală desfăşurată de Comitetul Central în perioada dintre Congresul al II-lea şi Congresul al III-lea al Partidului Muncitoresc Romîn.

După cum s-a arătat în proiectul de Directive, sarcinile trasate de Congresul al II-lea al Partidului Muncitoresc Romîn pentru dezvoltarea economiei naţionale au fost înfăptuite cu succes. În raport se face un bilanţ însufleţitor al realizărilor poporului muncitor în intervalul 1956—1960. Planurile economice au fost îndeplinite şi depăşite an cu an.

În opera de construire a socialismului, poporul muncitor a avut o singură călăuză — Partidul Muncitoresc Romîn — care conducîndu-se după învăţătura leninistă, realizează industrializarea ţării pe baza dezvoltării cu precădere a industriei grele, cu pivotul său central, industria constructoare de maşini. Pînă la sfîrşitul anului 1960 producţia industrială va fi cu 67% mai mare, comparativ cu anul 1955, în loc de 60—65% cît era prevăzut în Directivele Congresului al II-lea. De asemenea, producţia mijloacelor de producţie în anul 1960 va fi cu 82% mai mare decît în anul 1955, în loc de 70—75% cît era prevăzut în Directivele Congresului al II-lea.

Producţia industriei constructoare de maşini este în anul 1960 de două ori mai mare decît în anul 1955 şi de zece ori mai mare decît în anul 1938, iar producţia industriei chimice este de 2,3 ori mai mare decît în 1955 şi va depăşi în anul 1960 de 11 ori nivelul din 1938.

Planul de zece ani de electrificare a ţării, aprobat de plenara Comitetului Central al P.M.R. din octombrie 1950, a fost realizat şi depăşit. În 1960 producţia de energie electrică va fi de 7,7 miliarde kWh, faţă de 2,1 miliarde kWh în 1950 şi de 1,1 miliarde kWh în 1938. A fost construit sistemul energetic naţional, care reuneşte toate centralele electrice, legîndu-le de centrale de consum. În această direcţie partidul nostru s-a condus după indicaţia marelui Lenin, privind necesitatea ca producţia de energie electrică să fie cu un pas înainte faţă de celelalte ramuri ale economiei.

Procesul de transformare socialistă a agriculturii a cuprins aproape întreaga masă a ţărănimii, care a urmat cu încredere calea arătată de partid. Cooperativizarea agriculturii este în linii generale înfăptuită şi prin această sarcină trasată de Congresul al II-lea al partidului de a se asigura preponderenţa sectorului socialist ca suprafaţă şi producţie marfă a fost îndeplinită încă la sfîrşitul anului 1959. Chiaburimea — ultima clasă exploatatoare — a fost lichidată şi odată cu aceasta s-a pus capăt pentru totdeauna în ţara noastră a exploatării omului de către om.

Ceea ce caracterizează politica partidului, între cele două congrese, este ofensiva neîntreruptă a socialismului, înfăptuirea consecventă a industrializării ţării, a transformării socialiste a agriculturii şi revoluţiei culturale.

În anii 1956—1959 au fost construite 101 întreprinderi noi, 93 secţii noi, iar 294 întreprinderi au fost reutilate şi dezvoltate. Prin construirea şi dezvoltarea de noi unităţi industriale s-a dezvoltat avuţia naţională, s-a ridicat nivelul material şi cultural al oamenilor muncii în regiuni care în trecut erau în stare de înapoiere, s-a schimbat înfăţişarea ţării noastre.

În industrie productivitatea muncii a crescut în 1960 cu 48% faţă de 1955, iar preţul de cost a scăzut cu 12% în acelaşi interval, astfel că venitul naţional este în 1960 de 2,7 ori mai

mare decît în 1938 și de 1,4 ori mai mare decît în 1955. Ca urmare a obținerii acestor rezultate, partidul și guvernul au luat măsuri pentru sporirea veniturilor oamenilor muncii. Au fost mărite salariile oamenilor muncii, precum și pensiile. Salariul real a crescut în 1959 cu 33% față de 1955. Statul a alocat sume însemnate pentru construcții de locuințe.

Condițiile de viață ale țărănimii muncitoare s-au îmbunătățit substanțial. Un indice însemnat al creșterii bunăstării la sate este amploarea pe care a luat-o construcția de locuințe la țară, unde în ultimii patru ani s-au construit 330 000 locuințe, față de 200 000 în intervalul 1951—1955.

Pentru ridicarea nivelului de viață al oamenilor muncii, statul a pus la dispoziția lor importante mijloace. Astfel, în intervalul 1955—1960 cheltuielile statului pentru învățămînt, cultură, ocrotirea sănătății, prevederi sociale, asigurări sociale de stat, odihna oamenilor muncii și alocații pentru copii însumează peste 55 miliarde lei.

Congresul a apreciat, în mod just, că în Republica Populară Romînă a fost creată baza economică a socialismului. Această măreață victorie a clasei muncitoare, a țărănimii și a intelectualității confirmă justețea liniei politice leniniste a partidului.

Cel de-al III-lea Congres al partidului și-a însușit și a aprobat în unanimitate sarcinile de viitor expuse în Raportul Comitetului Central și în Directivele cu privire la planul de dezvoltare a economiei naționale pe anii 1960—1965 și la schița planului economic de perspectivă pe 15 ani, pe care le-a adoptat în întregime ca program de muncă și de luptă al întregului partid, al întregului popor.

Obiectivul principal al planului economic pe anii 1960—1965 este dezvoltarea bazei tehnico-materiale a socialismului, încheierea procesului de făurire a relațiilor de producție socialiste în întreaga economie, în vederea desăvîrșirii construcției socialismului. Călăuzindu-se cu consecvență de învățătura leninistă, în măreața operă de construire a socialismului, avangarda clasei muncitoare, partidul, a stabilit următoarele sarcini de bază ale planului pe șase ani:

1. Continuarea în ritm susținut a industrializării țării, acordîndu-se prioritate industriei grele cu pivotul ei central, industria constructoare de mașini.

2. Încheierea colectivizării agriculturii, dezvoltarea multilaterală și consolidarea economică a gospodăriilor agricole colective; creșterea considerabilă a producției agricole vegetale și animale, pentru a se crea în cel mai scurt timp posibil un belșug de produse agroalimentare.

3. Extinderea mecanizării și automatizării producției, reutilarea întreprinderilor existente și înzestrarea noilor întreprinderi cu utilaje și agregate la nivelul celor mai noi realizări ale tehnicii; aplicarea în producție a proceselor tehnologice moderne.

4. Îmbunătățirea în continuare a repartizării teritoriale a forțelor de producție, creșterea potențialului economic al regiunilor, raioanelor și orașelor mai puțin dezvoltate.

5. Creșterea bunăstării materiale și culturale a oamenilor muncii prin sporirea salariului real, a veniturilor bănești, îmbunătățirea continuă a condițiilor de locuit, dezvoltarea învățămîntului, culturii și a măsurilor de ocrotire a sănătății și de prevederi sociale, mărirea consumului de produse alimentare și industriale, astfel ca la principalele produse să ne apropiem de consumul pe locuitor al țărilor înaintate din punct de vedere economic.

Dezvoltarea cea mai puternică va fi a principalelor ramuri producătoare de mijloace de producție și anume:

producția de oțel	de 2,3 ori
extracția de minereu și metalurgia neferoasă	de 2,2 ori
construcția de mașini	de 2,2 ori
chimie, cauciuc, celuloză și hîrtie	de 3,3 ori
energie electrică și termică	de 3,3 ori

Raportul analizează în mod științific factorii care fac ca mărețul plan de șase ani să se transforme în realitate. S-a arătat astfel că se va trece la valorificarea superioară a resurselor naturale și dezvoltarea bazei energetice.

Construirea centrului siderurgic de la Galați, lucrare grandioasă și obiectiv principal pe viitorii zece ani ai programului de perspectivă, va avea un rol de cea mai mare importanță în dezvoltarea tuturor ramurilor economiei, la nivelul cerut de sarcinile desăvîrșirii construcției socialismului. În raport se subliniază, iar delegații la congres au primit cu ovații, faptul că această măreață lucrare se realizează cu ajutorul prietenesc al Uniunii Sovietice, care va acorda sprijinul său la construirea centrului siderurgic în mod multilateral, prin transmiterea de documentație tehnică, acordare de consultații, trimitere de specialiști, livrarea unui laminor bluming cu o capacitate anuală de 3,3 milioane tone anual ș.a.

În domeniul industriei metalelor neferoase, principalul obiectiv este Combinatul de aluminiu, cu o capacitate de producție anuală de 50 000 t, care va utiliza rezervele de bauxită existente în țară. Importanța deosebită care se acordă de partidul nostru pentru valorificarea resurselor naturale și asigurarea ritmului înalt de dezvoltare a economiei rezultă din alocarea fondului de 12 miliarde lei, în intervalul 1960—1965, pentru activitatea geologică, în scopul continuării zăcămintelor de minereu și a elaborării celor mai potrivite metode de exploatare.

Industria constructoare de mașini se va dezvolta ținînd seama de avantajele economice ale specializării și cooperării cu țările socialiste și ținînd seamă de nevoile economiei naționale.

Sarcini de mare însemnătate au fost trasate pentru dezvoltarea industriei electrotehnice, în scopul electrificării țării. Astfel va crește nivelul tehnic, calitatea și sortimentul mașinilor și aparatelor electrice, a conductoarelor, cablurilor și a altor materiale electrotehnice. Raportul menționează că încă în anul 1960 a început construcția unei fabrici noi de piese de radio și de elemente cu semiconductoare, care va intra în funcțiune în anii 1961—1962 și va avea un rol însemnat în dezvoltarea construcției aparatelor electronice și introducerea automatizării.

Raportul, aprobat de Congres, precizează că sarcina principală a industriei construcțiilor de mașini este ridicarea continuă a nivelului tehnic, îmbunătățirea calității, creșterea randamentului și a economicității mașinilor și instalațiilor. La acest rezultat se va ajunge prin întărirea activității de cercetare și proiectare, prin dezvoltarea rețelei de laboratoare uzinale și a standurilor de probă, a atelierelor de prototipuri și a secțiilor de sculărie.

Legea dezvoltării planice proporționale, lege a economiei socialiste, a fost aplicată cu consecvență la trasarea sarcinilor privind și celelalte ramuri industriale, în afara ramurii construcțiilor de mașini. Astfel, în intervalul 1960—1965 industria chimică ocupă un loc de prim ordin, urmînd să-și mărească producția de 3,3 ori, industria ușoară și alimentară își va dubla producția, iar producția globală agricolă va crește cu 70—80%.

Pentru ramurile hotărîtoare ale industriei grele (energetică, metalurgie, construcții de mașini, chimie) sînt destinate trei pătrimi din totalul investițiilor din producție, ceea ce reflectă preocuparea pentru creșterea cu precădere a industriei producătoare de mijloace de producție.

Măreția planului de șase ani rezultă și din volumul de investiții de 170—180 miliarde lei din fondurile statului, din care peste 100 miliarde lei sînt destinate dezvoltării industriei. În industria republicană vor intra în funcțiune peste 180 întreprinderi noi și aproape 300 secții noi, vor fi lărgite și reutilate aproape 400 de întreprinderi din toate ramurile industriei, la aceasta adăugîndu-se întreprinderile ce se vor construi în industria locală.

Călăuzindu-se după învățătura marelui L e n i n, care a arătat că „Socialismul nu este, de conceput fără tehnica marii industrii..., fără o tehnică bazată pe ultimul cuvînt al științei moderne...", raportul prezentat de tovarășul G h e o r g h e G h e o r g h i u - D e j arată că creșterea productivității muncii și reducerea prețului de cost se va realiza prin introducerea tehnicii noi. Pentru realizarea unui ritm înalt de creștere a producției, lărgirea continuă a activității economice și social-culturale, reducerea treptată a duratei zilei de muncă, sînt necesare un număr tot mai mare de forțe de muncă și sporirea neîncetată a productivității muncii, pe baza introducerii tehnicii noi în toate ramurile economiei și aplicării în practică a cuceririlor științei moderne.

Ridicarea productivității muncii și reducerea prețului de cost se vor realiza prin intensificarea mecanizării și automatizării producției, în acele ramuri industriale în care se poate obține cea mai mare eficacitate economică. Pentru a crea condițiile necesare introducerii mai intense a automatizării în diferitele ramuri ale industriei a fost înființată întreprinderea „Automatica", cu un profil mixt de cercetare și proiectare de utilaj și instalații automatizate, de montare a acestora și de instruire a personalului de exploatare.

Congresul al III-lea al P.M.R. a aprobat liniile directoare ale programului de dezvoltare a economiei naționale în perspectivă, trasate în raportul prezentat de tovarășul G h e o r g h e G h e o r g h i u - D e j și a însărcinat Comitetul Central al P.M.R. să elaboreze acest program.

Înfăptuirea prevederilor planului de șase ani, prima etapă a programului de perspectivă, a cărui schiță a fost întocmită în ultimii doi ani, va deschide în fața poporului nostru noi orizonturi și mai luminoase: desăvîrșirea construcției socialismului și perspectiva trecerii treptate la construirea comunismului.

Producția de oțel va fi de 7,5 milioane tone în 1970 față de 1,4 milioane tone în 1959, iar producția de energie electrică va fi în 1975 de 65—70 miliarde kWh, față de 6,8 miliarde kWh în 1959. Producția industriei constructoare de mașini va crește de șapte ori față de 1959. Producția de linii tehnologice complete, de mașini și aparate electrice moderne, va fi extinsă prin adîncirea continuă a specializării întreprinderilor și prin construcția de noi întreprinderi.

Producțiile industriilor chimice, alimentară, ușoară vor crește respectiv de 13—14 ori, 4,5 ori, 6—7 ori și vor fi corespunzătoare unui înalt nivel de industrializare a țării.

Agricultura noastră socialistă își va putea mări producția de aproximativ 3 ori. Pe ogoarele țării vor lucra 150 000 tractoare fizice, precum și alte mașini agricole moderne.

Prin înfăptuirea acestui program patria noastră va deveni în următorii 10—15 ani o țară industrială dezvoltată, cu o agricultură multilaterală, intensivă și de înaltă productivitate; bogățiile ei puse în valoare de oamenii muncii, vor asigura întregului popor condiții de viață demne de epoca socialismului victorios și a construcției comunismului.

Importanța teoretică și practică a succeselor obținute de partid și popor au fost scoase în evidență de raportul prezentat de tovarășul G h e o r g h e G h e o r g h i u - D e j, de numeroși delegați la Congres, care au rostit cuvîntări și de delegații partidelor comuniste și muncitorești din țările socialiste și din alte țări.

De cea mai mare importanță pentru țara noastră ca și pentru întreaga lume, a fost cuvîntarea rostită de tovarășul N. S. Hrușciov, care a arătat că dezvoltarea atît de rapidă a economiei naționale a Romîniei socialiste, creșterea bunăstării materiale și a culturii poporului romîn vor demonstra încă odată în mod strălucit de ce fapte mari este capabil poporul, care a luat puterea în mîinile sale, poporul care muncește, creează valori materiale și culturale nu pentru un mănunchi de exploatatori, ci pentru sine, pentru întreaga societate socialistă a oamenilor muncii.

Tovarășul N. S. Hrușciov a arătat cu următoarele cuvinte că izvorul victoriilor Partidului Muncitoresc Romîn constă în fidelitatea față de marxism-leninism:

„Noi, comuniștii din Uniunea Sovietică și toate popoarele țării noastre, încercăm un sentiment de mîndrie și bucurie, aflînd de minunatele succese ale partidului marxist-leninist frățesc, ale întregului popor romîn. Noi împărtășim concluziile Comitetului Central al partidului vostru, că izvorul tuturor victoriilor în lupta pentru socialism este fidelitatea față de măreața învățătură a marxism-leninismului, coeziunea și unitatea dintre partid și popor, traducerea consecventă în viață a principiului internaționalismului proletar, întărirea necontenită a puternicului lagăr socialist, a prieteniei frățești dintre toate țările socialiste.

Importantele succese obținute de partid și popor în dezvoltarea economiei și culturii socialiste, în ridicarea bunăstării oamenilor muncii, în înfăptuirea politicii interne și externe au fost posibile datorită conducerii clarvăzătoare și pricepute a Comitetului Central al partidului vostru, în frunte cu tovarășul Gheorghe Gheorghiu-Dej, fiu credincios al poporului romîn, militant eminent al mișcării comuniste internaționale...".

Din raportul C.C. al P.M.R., prezentat de tovarășul Gheorghe Gheorghiu-Dej iese în evidență caracteristica esențială a politicii externe a partidului nostru, ca parte integrantă a mișcării comuniste internaționale și forță activă în lupta pentru apărarea păcii. La baza acestei politici stă prietenia și alianța indestructibilă cu Uniunea Sovietică și cu popoarele celorlalte țări socialiste, întărirea continuă a unității lagărului socialist, consolidarea mișcării comuniste mondiale, sub steagul internaționalismului proletar solidaritatea cu lupta clasei muncitoare și a forțelor progresiste de pretutindeni.

„Marea însemnătate internațională a succeselor popoarelor din țările socialiste — a declarat tovarășul N. S. Hrușciov în cuvîntarea sa de salut rostită în fața delegațiilor și invitaților la Congresul al III-lea al P. M.R. — constă tocmai în faptul că, întărind prin munca lor cauza socialismului, ele îl înalță în ochii tuturor popoarelor, însuflețesc pe oamenii muncii din țările capitaliste în lupta pentru interesele lor vitale fundamentale, pentru o viață liberă și fericită. Vorbind plastic, putem spune că succesele țărilor socialiste sînt o rachetă cu multe trepte, care va plasa negreșit popoarele întregii lumi pe orbita comunismului".

Lucrările Congresului al III-lea al P.M.R. au avut un larg răsunet și peste hotarele țării. Oamenii muncii din țara noastră s-au bucurat din adîncul inimii de prezența la Congresul partidului a reprezentanților celor 50 de partide comuniste și muncitorești, de înaltele aprecieri cuprinse în cuvîntul lor de salut, privind activitatea rodnică și neobosită a partidului nostru și a întregului popor muncitor.

Reprezentanții partidelor comuniste și muncitorești din țările socialiste, care au asistat la Congresul al III-lea al P.M.R. au hotărît să folosească prezența lor la București pentru a avea un schimb de păreri asupra problemelor actuale ale situației internaționale contemporane și a concluziilor care rezultă din aceasta pentru partidele frățești. Reprezentanții au constatat în unanimitate că mersul evenimentelor internaționale și al dezvoltării țărilor sistemului mondial socialist confirmă întocmai justețea tezelor marxist-leniniste, ca și a orientării date luptei partidelor revoluționare de Declarația Consfătuirii de la Moscova din noiembrie 1957 și de Manifestul Păcii, care reprezintă Carta mișcării comuniste și muncitorești, programul ei de luptă pentru pace, democrație și socialism.

Oamenii muncii sprijină cu înflăcărare lupta perseverentă dusă de R. P. Romînă, alături de celelalte țări socialiste, pentru micșorarea încordării internaționale, demascarea și zădărnicirea oricăror uneltiri ale cercurilor imperialiste agresive, pentru unirea forțelor mondiale ale păcii și promovarea principiilor leniniste ale coexistenței pașnice, pentru înfăptuirea dezarmării generale și totale, pentru statornicirea păcii trainice.

Hotărîrile pe care le-a adoptat Congresul au devenit un program de luptă al partidului și al tuturor oamenilor muncii din țara noastră. Congresul a adresat un apel întregului popor să-și desfășoare întreaga sa forță creatoare să pornească cu elan patriotic și cu puteri înzecite la înfăptuirea măreților sarcini stabilite de partid.

Intreprinderea „Klement Gottwald" o importantă unitate a industriei noastre electrotehnice în plină dezvoltare

Victor Iancovici* — Bucureşti

Astăzi, cînd oamenii muncii din Patria noastră au luat cunoştinţă cu satisfacţie de Hotărîrile celui de al III-lea Congres care — aşa cum vom arăta mai jos — nominalizează importante sarcini şi pentru colectivul întreprinderii Klement Gottwald, este semnificativă şi plină de interes, trecerea în revistă a principalelor rezultate pe care colectivul nostru le-a obţinut în realizarea obiectivelor fixate, călăuzindu-se zi cu zi de conţinutul ştiinţific şi bogat al documentelor Congresului al II-lea şi Plenarelor Comitetului Central care i-au urmat.

Astfel, cel de al II-lea Congres al Partidului Muncitoresc Romîn a pus în faţa colectivelor din industria constructoare de maşini — şi în particular a celor din ramura industriei electrotehnice — sarcini deosebit de importante privind creşterea dezvoltării continue a economiei naţionale, ridicarea permanentă a nivelului tehnic al produselor şi obţinerea de indicatori economici superiori. Prin analiza profundă făcută asupra dezvoltării economiei noastre naţionale, Directivele Congresului al II-lea au indicat şi căile concrete care trebuiau urmate pentru realizarea practică a acestor sarcini.

În anii scurşi de la Congresul al II-lea şi pînă acum, Plenarele Comitetului Central, dezbătînd problemele complexe ale dezvoltării economice a Patriei noastre, au fixat principalele obiective ce trebuiau urmărite an de an.

În faţa colectivului întreprinderii noastre stăteau următoarele obiective principale :

1. Creşterea importantă a volumului de producţie necesitată de obligaţia satisfacerii nevoilor mereu crescînde de utilaj electrotehnic, ale diverselor ramuri industriale în plină dezvoltare. Acest prim obiectiv a concentrat atenţia noastră asupra găsirii de noi metode pentru folosirea optimă a suprafeţelor de producţie şi a capacităţii utilajelor instalate, precum şi în direcţia găsirii de mijloace tehnico-organizatorice care să asigure creşterea însemnată a productivităţii muncii.

2. Asimilarea unui mare număr de noi produse, nefabricate în ţară pînă atunci.

3. Modernizarea întregului sortiment de produse aflate în profilul întreprinderii, în spiritul sarcinilor trasate de Congresul al II-lea şi a Plenarelor C.C. al P.M.R., respectiv înlocuirea construcţiilor vechi, prin maşini noi, reproiectate la nivelul tehnicii actuale, cu parametri de funcţionare superiori din punct de vedere tehnico-economic faţă de cei care caracterizau vechile serii.

4. Reducerea continuă a preţului de cost al produselor, atît prin reproiectarea acestora în sensul celor specificate la punctul 3, cît şi prin folosirea pe scară largă de mijloace tehnice moderne, reducîndu-se sistematic consumurile specifice şi recurgîndu-se la ameliorări tehnologice care să permită înlocuirea unor procedee de fabricaţie învechite. Acest ultim obiectiv, asupra căruia au pus un accent deosebit şi ultimele Plenare ale Comitetului Central al Partidului, trebuie să asigure şi realizarea unui volum cît mai mare de beneficii, sporindu-se contribuţia pe care întreprinderea noastră o aduce la creşterea acumulărilor socialiste.

În ultimii patru ani, producţia globală a întreprinderii a crescut cu peste 90 %, iar cea de marfă cu peste 80 %. Este de menţionat că cifrele arătate mai sus se referă la anul 1959. În 1960, atît producţia globală cît şi producţia de marfă, vor depăşi dublul valorilor atinse în 1955, realizîndu-se astfel cifra medie trasată de Congresul al II-lea pentru dezvoltarea industriei electrotehnice.

În cadrul acestor realizări, se remarcă creşterea foarte pronunţată a producţiei de motoare, care, în 1959, a fost de 3,7 ori mai mare (ca număr de bucăţi) faţă de 1955. Creşteri asemănătoare a înregistrat şi producţia grupurilor de sudură, a demarorilor auto etc. S-a acordat o atenţie deosebită extinderii producţiei de export, volumul total al acesteia crescînd de 5 ori în 1959 faţă de 1956.

Începînd din 1956 şi pînă în prezent, au fost asimilate şi puse în fabricaţie peste 80 produse noi, în afara modernizării sortimentelor aflate în profilul curent al întreprinderii despre care se va vorbi în cele ce urmează.

Subliniem că aceste rezultate pozitive au fost obţinute în condiţiile respectării tuturor indicatorilor economici planificaţi, fapt concretizat prin următoarele elemente : productivitatea muncii a crescut în ultimii patru ani cu aproape 50 % ; prin măsurile luate pentru reducerea sistematică a preţului de cost, au fost realizate între 1956 — 1959 economii peste plan în valoare de 5 100 000 lei ; în aceeaşi perioadă întreprinderea a realizat beneficii peste plan în valoare de lei 5 580 000.

Care au fost principalele căi folosite de coletivul întreprinderii noastre pentru obţinerea acestor rezultate ? Aşa cum s-a arătat la început, ele au fost desprinse integral din conţinutul bogat în învăţăminte al documentelor şi materialelor de partid citate. În cele ce urmează vom încerca să expunem cîteva elemente caracteristice, care pun în evidenţă felul în care am muncit şi metodele de lucru folosite.

Realizări în domeniul economico-organizatoric

1. După cum este cunoscut, profilul întreprinderii „Klement Gottwald" are ca specific cuprinderea unui mare număr de sortimente care se realizează într-o gamă foarte variată de tipuri. Urmărind îmbunătăţirea organizatorică a fabricaţiei, s-a analizat posibilitatea concentrării numărului de sortimente, în aşa fel încît, fără a se reduce numărul total ci dimpotrivă, acesta crescînd odată cu asimilarea produselor noi, să se realizeze totuşi reducerea numărului lunar de sortimente diferite aflate simultan în fabricaţie. Prin raţionalizarea planificării interne, anuale şi curente, a întreprinderii a devenit posibilă în acelaşi timp lungirea seriilor medii şi apropierea de limita optimă a loturilor care asigură caracterul economic al fabricaţiei.

Mergînd pe această cale, s-a redus la aproape jumătate numărul sortimentelor aflate simultan în fabricaţie, faţă de perioada anului 1955, ţinînd seama în stabilirea acestui raport, de numărul produselor noi asimilate între timp. Această raţionalizare a programării seriilor de fabricaţie a avut evident consecinţe favorabile în ceea ce priveşte ansamblul indicatorilor tehnico-economici ai producţiei.

2. Aşa cum s-a arătat la punctul precedent, fabricaţia noastră cuprinde un foarte mare număr de produse diferite constituite în cîteva grupe de sortimente de specific cu totul deosebit.

Simultan cu îmbunătăţirea planificării, s-au studiat şi posibilităţile organizării celei mai economice a fabricaţiei pe grupe de sortimente sau repere, avîndu-se în vedere :

— limita optimă din punct de vedere economic în ceea ce priveşte integrarea fabricaţiei unor produse sau subansamble ;

— scurtarea la maximum a transporturilor de materiale şi repere ;

— folosirea optimă a capacităţii maşinilor sub aspectul încărcării lor cu serii cît mai lungi de repere asemănătoare ;

— reducerea cît mai mare a cheltuielilor auxiliare şi a regiilor.

Urmărindu-se aceste obiective, s-a ajuns la concluzia integrării totale a fabricaţiei demarorilor auto şi — în mare măsură — a produselor din grupa de aparataj. A fost posibilă în felul acesta creşterea producţiei de demaroare de 2,5 ori din 1956 pînă în 1959, simultan cu reducerea cu 57 % a preţului de cost al demarorului.

Extinzînd analiza noastră şi asupra fluxului de producţie al unor subansamble, s-a procedat la integrarea aproape totală a fabricaţiei colectoarelor, inelelor colectoare şi portperiilor, pentru realizarea cărora s-a organizat un atelier special.

Considerăm că este interesant de relevat şi faptul că aceste măsuri au condus la ameliorări sensibile în calitatea produselor sau subansamblelor respective.

---

* Ing. *V. Iancovici* este directorul întreprinderii „Klement Gottwald" din Bucureşti.

3. O problemă a cărei rezolvare a avut o contribuție hotărîtoare pentru îndeplinirea sarcinilor ce ne stăteau în față, a fost folosirea mai rațională și științific studiată, a spațiilor de producție și a capacității utilajelor. Trebuie să arătăm de la început că întreaga creștere de producție menționată mai înainte a fost realizată pe aceleași suprafețe de producție, prin restudierea și ameliorarea fluxului tehnologic atît pe ansamblul întreprinderii cît și la nivelul fiecărui atelier.

În anul 1957 a fost definitivat un vast plan de resistematizare a spațiilor de producție, simultan cu prevederea realizării, prin autoutilare a mașinilor necesare mecanizării unor faze ale procesului de producție și introducerii de noi procedee tehnologice. Îndeplinindu-se prevederile planului de resistematizare, au fost reamplasate sau reamenajate peste 80% din spațiile productive ale întreprinderii, schimbîndu-se radical — față de anul 1956 — circuitul tehnologic de bază în atelierele principale.

În cadrul planului de resistematizare, s-a acordat multă atenție îmbunătățirii substanțiale a punctelor și platformelor de control intermediar și final, în scopul asigurării unei calități mai bune a produselor.

Platforma de încercări electrice finale a fost dotată cu panouri automate de comandă și este în curs dotarea ei cu noi mijloace de control. Au fost de asemenea reutilate și reamplasate majoritatea punctelor de control electric intermediar.

Înzestrarea cu mijloacele tehnice specifice fabricației de mașini electrice și utilaj electrotehnic, a fost realizată în cea mai mare parte prin autoutilare. În afara dotării controlului electric, mai cităm — ca exemple — realizarea utilajelor de lăcuit și uscat tole pentru mașini electrice, a instalației de turnare centrifugală a rotoarelor de motoare electrice cu aluminiu, a unor utilaje specifice pentru fabricarea colectoarelor etc. Atelierele cu fabricație integrată — așa cum s-a arătat la punctul precedent — au fost în același timp înzestrate cu bancuri de probă finale, eliminîndu-se transportarea costisitoare a produselor la platforma centrală de încercări.

Cele cîteva măsuri principale arătate mai sus, au avut efecte pozitive importante asupra desfășurării în ansamblu a procesului de producție. Mai buna folosire a suprafețelor, a făcut posibilă realizarea unei producții aproape duble, fără a se construi nici o suprafață productivă suplimentară. Integrarea judicioasă a fabricării unor produse sau subansamble, a permis creșterea însemnată a volumului de producție la sortimentele respective. Studierea atentă și raționalizarea planificării anuale și operative, a permis în același timp și raționalizarea aprovizionării tehnico-materiale în funcție de gruparea pe serii a produselor asemănătoare.

Așa cum s-a mai arătat, au fost obținute rezultate bune și în ceea ce privește calitatea produselor. Numărul reclamațiilor întemeiate, care în 1958 erau de 0,46% au scăzut în 1959 la 0,354%.

Rezultă din cele arătate, că aplicarea în practică a măsurilor desprinse nemijlocit din documentele elaborate de Congresul Partidului și de Comitetul Central, ne-a creiat condițiile necesare pentru obținerea de însemnate realizări în producție, cu o foarte bună eficacitate economică, simultan cu creșterea nivelului calitativ al produselor noastre.

Realizări în domeniul tehnic

S-a arătat, de la începutul acestui articol, importanța mare pe care colectivul întreprinderii noastre a acordat-o ridicării nivelului tehnic al produselor, asimilării de noi produse la nivelul tehnicii contemporane și modernizării permanente a celor vechi.

1. În direcția *modernizării produselor*, s-a întocmit cu 4 ani în urmă un vast program de lucru avînd ca scop reproiectarea integrală a tuturor sortimentelor aflate în profilul întreprinderii pînă la sfîrșitul anului 1960. Urmărind an de an realizarea practică a acestui obiectiv, au fost modernizate și realizate în construcții noi pînă în prezent peste 90% din sortimentele aflate în profilul nostru de fabricație. Dinamica anuală a desfășurării muncii de reproiectare este arătată în diagrama din fig. 1. Această acțiune care a antrenat toate forțele tehnice ale întreprinderii, și-a propus mai multe scopuri, între care menționăm — ca mai importante — următoarele:

— obținerea de performanțe tehnice superioare;

— găsirea de noi soluții constructive și tehnologice care să permită reducerea continuă a prețului de cost, avînd ca element principal reducerea consumurilor specifice de materiale;

— îmbunătățirea permanentă a calității produselor.

Trebuie remarcat că între acești trei factori există o strînsă legătură, așa încît s-a urmărit simultan atingerea lor.

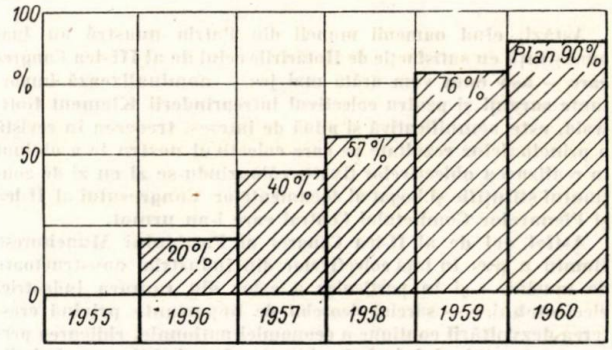


Fig. 1. Dinamica modernizării fabricatelor.

Proiectanții și constructorii noștri au pornit de la ideea că în condițiile actuale ale dezvoltării tehnice, nu este posibilă obținerea de rezultate majore în ceea ce privește reducerea prețului de cost și îmbunătățirea parametrilor tehnico-economici ai produselor, fără a avea permanent în vedere reconsiderarea critică a soluțiilor ce au fost date în trecut, în scopul găsirii de noi soluții, mai economice. Acest lucru a impus reconsiderarea în ansamblu a concepției constructive și tehnologice a celor mai multe produse și a stat la baza reproiectării intense ce s-a desfășurat în ultimii ani. Rezultatele obținute au confirmat din plin justețea acestui punct de vedere.

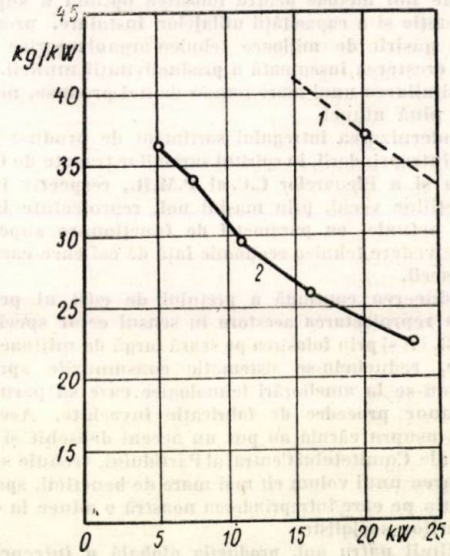


Fig. 2. Greutatea specifică a motoarelor pentru macara la 750 rot/min:
curba 1 — tipurile vechi; curba 2 — tipurile reproiectate.

Astfel, noua serie de motoare de macara între 3 și 32 kW, a fost realizată cu reducerea greutății totale între 11,5 și 23%; greutatea specifică în kg/kW a fost redusă, la noua serie, conform diagramelor reprezentate în fig. 2 și 3.

Reducerea greutății a fost obținută prin reducerea consumului la principalele materiale și anume: tablă silicioasă, cupru, fontă. În urma acestor reduceri și a raționalizării tehnologice a procesului de fabricație s-au obținut, la această serie de motoare, reduceri ale prețului de cost variind între 9 și 45%, ceea ce pune în evidență eficacitatea economică a reproiectărilor.

În același timp s-au ameliorat și performanțele tehnice ale motoarelor de macara. Factorul de putere a crescut în medie cu 10%; s-au obținut rapoarte mult mai favorabile între cuplul maxim și cuplul nominal al mașinii, parametru important la acest tip de mașini. În medie, acest raport a crescut cu circa

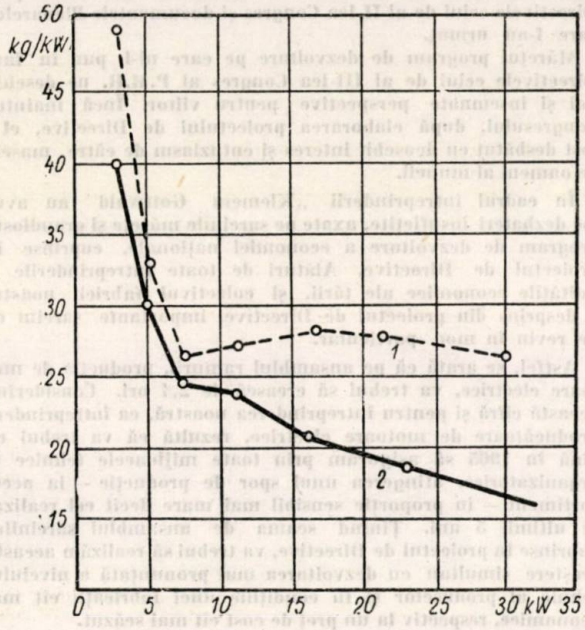


Fig. 3. Greutatea specifică a motoarelor pentru macara la 1 000 rot/min:
curba 1 — tipurile vechi; curba 2 — tipurile reproiectate.

40% făcînd posibilă modificarea standardului, în sensul ameliorării acestor valori.

Rezultate importante au fost obținute și la seriile reproiectate de motoare asincrone normale cu inele și în scurtcircuit. Astfel, la motoarele asincrone în scurtcircuit s-au obținut reduceri medii de greutate de peste 40%; consumul de tablă silicioasă a fost redus la acest tip de mașini în medie cu 25%, consumul de cupru cu aproape 40%, iar cel de fontă cu 47%. Prețul de cost a fost redus la aceste motoare între 16 și 33%, obținîndu-se în același timp sensibile îmbunătățiri ale performanțelor tehnice. Au fost reduse — în proporții importante — supratemperaturile de regim, factor ce contribue la prelungirea duratei de viață a mașinilor. S-a îmbunătățit cuplul de pornire, simultan cu reducerea curentului de pornire, acesta din urmă cu circa 25%, ceea ce constituie un element favorabil pentru exploatare. S-au obținut și creșteri de 1—2% a randamentelor.

Cu toate rezultatele bune ale reproiectării, această serie de mașini este în momentul de față din nou reconsiderată pentru a se obține — în cadrul noii serii unitare — indici tehnico-economici mai ridicați, la nivelul celor mai bune realizări în domeniul fabricației de mașini electrice, prin folosirea de materiale electroizolante de clasă și calitate superioară. Au fost realizate primele prototipuri urmînd ca încă în acest an să se treacă la fabricația de serie.

La motoarele antigrizutoase destinate industriei miniere s-au obținut — prin reproiectare — reduceri de greutate variind între 6 și 12%. Și la această serie de mașini s-a îmbunătățit curentul de pornire, redus în medie cu 15% față de vechea serie, îmbunătățindu-se rapoartele dintre momentul maxim — respectiv momentul de pornire — și momentul nominal. — Prețul de cost a fost redus în medie cu 15%.

Acțiunea de reproiectare a cuprins și sortimente din grupa de generatoare și aparataj. Astfel, grupul de 5 kVA a fost reproiectat și realizat într-o soluție mult îmbunătățită tehnic, respectiv cu stabilizarea tensiunii și excitație prin redresoare, reducîndu-se în același timp greutatea proprie a generatorului cu 32%.

Noua serie de reostate de pornire și tablouri de comandă, realizînd importante reduceri de greutate și volum, a condus în același timp la reducerea prețului de cost la aceste produse cu peste 50%.

Așa cum este firesc, rezultatele citate mai sus au avut drept consecință și reduceri importante ale consumurilor specifice la principalele materiale. Astfel, s-au obținut pînă la începutul acestui an, față de construcțiile vechi practicate în 1956, reduceri medii ale consumurilor specifice de 37,5% pentru fontă, 16% pentru tabla silicioasă, 32,6% pentru cupru, 8,5% pentru laminate etc.

Putem afirma că acțiunea de reproiectare a constituit unul dintre elementele de bază care a creat condițiile necesare îndeplinirii cu succes a sarcinilor privind reducerea prețului de cost și realizării de însemnate economii peste plan. În același timp, prin îmbunătățirea parametrilor tehnici exemplificați mai sus și ameliorarea proceselor tehnologice, s-au obținut și rezultate pozitive în domeniul calității.

Ameliorările aduse factorului de putere, randamentelor, momentelor de pornire sau curenților de pornire, reprezintă factori de îmbunătățire a economicității exploatării, marchează deci progresul calitativ al fabricației.

Considerăm însă că, cea mai semnificativă concluzie care se poate trage din cele cîteva exemple expuse mai sus, trebuie referită la îmbinarea strînsă realizată între condițiile tehnice și cele economice, cu ocazia acțiunii de modernizare și reproiectare a produselor.

2. Simultan cu acțiunea de reproiectare și modernizare, întreprinderea a asimilat și pus în fabricație — în ultimii 4 ani — un mare număr de *produse noi*. S-a arătat, în cadrul datelor de ansamblu prezentate la început, că în ultimii 4 ani au fost asimilate peste 80 produse noi. Multe dintre acestea, și în special cele realizate în ultima perioadă, au fost de la început concepute la un înalt nivel tehnic, perfect comparabile cu produsele similare realizate astăzi în țările cele mai avansate din punct de vedere tehnic.

Astfel, motorul de tracțiune care echipează troleibuzele fabricate de Uzinele Tudor Vladimirescu, realizează o greutate specifică de 11,6 kg/kpm, față de 12,2 kg/kpm cît are unul dintre cele mai moderne motoare de tip BBC care echipează troleibuzul FIAT. El este de asemenea superior — sub aspectul acestui indice caracteristic — și altor tipuri de motoare BBC și Siemens. Motorul este realizat cu întrefier neuniform, asigurîndu-i-se bune posibilități de preluare a suprasarcinilor, atît la pornire cît și la frînare. El poate lucra cu slăbirea cîmpului pînă la 50%, ceea ce asigură funcționarea economică a mașinii într-o plajă foarte largă de turații. — Are un număr foarte mare de lamele la colectoare, ceea ce permite o frînare avantajoasă. Tensiunea de lucru este de 750 V, iar comutația practic perfectă.

A fost asimilat și se fabrică în mod curent, un al doilea tip de echipament pentru tramvaie, destinat vehiculelor din provincie. Realizat pentru puterea unitară de 38 kW, la tensiunea de 550 V și viteza de rotație de 730 rot/min, acest motor are ca indice caracteristic (greutate specifică) 14,4 kg/kpm față de 20,15 cît realizează un motor Thomson de aceeași putere. Performanțele motorului satisfac cerințele destul de variate ale diferitelor tipuri de vagoane folosite în provincie, precum și cele ale vagoanelor noi ce se realizează astăzi în construcții moderne.

Pentru lărgirea sortimentului de vehicule folosite în industria minieră, a fost asimilat și se fabrică curent echipamentul complet (motoare, controlere, rezistențe), pentru locomotiva de mină de 7 t cu troleu.

În domeniul motoarelor de curent alternativ, a fost asimilată fabricația motoarelor antiexplozive. Este în curs de extindere seria de motoare de macara, dezvoltîndu-se spre tipuri de putere mai mare.

A fost studiat și însușit în fabricație procesul tehnologic pentru protecția climatică a mașinilor destinate să funcționeze în zone cu climat tropical. Rezolvarea acestei probleme a antrenat — alături de constructori și tehnologi — cadrele tehnice din laboratorul central al întreprinderii, care a fost înzestrat cu instalațiile necesare pentru efectuarea studiilor și probelor impuse de acest tip de produse.

Au fost asimilate și unele utilaje speciale, necesare dezvoltării unor importante ramuri ale economiei naționale. Astfel, pentru industria minieră, a fost asigurată fabricația perforatoarelor antigrizutoase; s-au produs grupuri generatoare la

diverse frecvenţe, diferite de cea industrială, pentru asigurarea antrenării maşinilor în industria textilă etc.

În cadrul grupei de aparataj, au fost asimilate toate echipamentele auxiliare necesare funcţionării noilor tipuri de motoare, generatoare, sau utilaje, puse în fabricaţie. Planul tehnic al acestui an, a pus în faţa colectivului nostru noi sarcini, privind atît reproiectarea, cît şi asimilarea de noi produse.

Avînd în centrul preocupărilor sale problema ridicării necontenite a nivelului tehnic al produselor, străduindu-se şi mai departe să aplice în practică preţioasele învăţăminte conţinute în documentele de partid care ne-au îndrumat în muncă, colectivul întreprinderii noastre va reuşi să facă faţă cu succes — şi în viitor — în ceea ce priveşte tehnicitatea produselor fabricate, sarcinilor mari ce ne revin.

3. În cursul ultimilor ani, s-a acordat o mare atenţie şi *modernizării proceselor tehnologice*, precum şi folosirii de noi procedee, nepracticate în trecut. Acest lucru era dealfel impus atît datorită evoluţiei constructive a produselor, cît şi datorită sarcinii permanente de reducere a preţului de cost, sarcină a cărei îndeplinire atîrnă în mare măsură de nivelul şi economicitatea tehnologiei fabricaţiei. Elementele tehnologice au adus într-adevăr o contribuţie importantă la îmbunătăţirile calitative realizate, cît şi în direcţia reducerii costurilor de fabricaţie.

Vom da, în cele ce urmează, numai cîteva exemple care să sublinieze unele aspecte în această direcţie : astfel, este cunoscut faptul că folosirea matriţelor-bloc la ştanţarea tolelor pentru maşinile electrice, reprezintă un procedeu tehnologic care asigură o calitate superioară produselor ; trecîndu-se cu începere din anul 1957, în mod masiv, la folosirea acestui procedeu, s-a obţinut în acelaşi timp o economie medie de manoperă de circa 16% pentru fiecare maşină, ceea ce reprezintă simultan o reducere a preţului de cost, şi un element pozitiv în ceea ce priveşte creşterea productivităţii muncii.

În ultima perioadă s-a trecut la înlocuirea — acolo unde a fost posibil — a reperelor turnate şi prelucrate prin aşchiere, cu repere presate. Se ştie că pe această cale se obţine o calitate superioară a reperelor respective ; în acelaşi timp, s-au realizat numai pentru un singur produs (demarorul auto) prin aplicarea acestui procedeu, economii anuale de circa 180 000 lei.

Pentru a se realiza construcţiile noi despre care s-a vorbit la punctul 3.1, a fost necesară în multe cazuri adaptarea unor procese tehnologice care nu se practicau în trecut, în întreprindere. Astfel, pentru a se reduce cît mai mult consumul de materiale scumpe, s-a realizat la cea mai mare parte a motoarelor asincrone în scurtcircuit, înlocuirea cuprului — în rotor — prin aluminiu, obţinîndu-se în felul acesta şi reduceri la greutatea totală a produselor. Pentru aceasta, a fost necesară însuşirea metodei de turnare centrifugală, metodă care se practică în ultimii trei ani cu foarte bune rezultate în întreprindere. A rezultat, pentru maşina medie din categoria respectivă, o economie de 250 lei şi o reducere a greutăţii totale de 2%.

Unele procese tehnologice au fost complet refăcute, pentru a fi aduse la nivelul de tehnicitate care trebue să caracterizeze o producţie modernă de maşini electrice. Astfel, construindu-se în întreprindere utilajele necesare, a fost amenajată — aşa cum s-a amintit — linia tehnologică pentru executarea colectoarelor ; este în curs folosirea din ce în ce mai largă a conductoarelor cu izolaţii de clasă superioară, adaptîndu-se corespunzător tehnologia de bobinare, impregnare şi uscare.

Toate cele arătate la acest capitol pun în evidenţă strînsa legătură care există între problemele de calitate şi reducerea preţului de cost, elemente care trebuie simultan considerate în elaborarea proiectelor şi proceselor tehnologice, spre a se obţine simultan satisfacerea lor optimă.

În acelaşi timp, din exemplele menţionate rezultă şi influenţa mare pe care ele o au asupra celorlalţi indicatori economici fundamentali. Fiecare dintre procedeele tehnologice exemplificate, asigură în acelaşi timp posibilităţi însemnate de creştere a productivităţii muncii la execuţia reperelor respective ; reducerile de posturi menţionate adaugă — fiecare în parte — ceva în plus la beneficiile realizate de întreprindere, deci la acumulările realizate pe economia naţională.

Fabricînd produse de calitate superioară şi cu performanţe tehnice mereu mai bune, asigurăm creşterea continuă a volumului exporturilor de utilaj industrial, domeniu în care — aşa cum am arătat la început — s-au făcut foarte mari progrese.

La baza succeselor obţinute de colectivul întreprinderii „Klement Gottwald", a stat orientarea permanentă a muncii noastre pe linia fermă trasată de conducerea Partidului prin Directivele celui de al II-lea Congres şi documentele Plenarelor care i-au urmat.

Măreţul program de dezvoltare pe care ni-l pun în faţă Directivele celui de al III-lea Congres al P.M.R. ne deschid noi şi însemnate perspective pentru viitor. Încă înaintea Congresului, după elaborarea proiectului de Directive, el a fost desbătut cu deosebit interes şi entuziasm de către masele de oameni ai muncii.

În cadrul întreprinderii „Klement Gottwald" au avut loc dezbateri însufleţite, axate pe sarcinile măreţe şi grandiosul program de dezvoltare a economiei naţionale, cuprinse în proiectul de Directive. Alături de toate întreprinderile şi unităţile economice ale ţării, şi colectivul fabricii noastre a desprins din proiectul de Directive, importante sarcini ce ne revin în mod particular.

Astfel, se arată că pe ansamblul ramurii, producţia de motoare electrice, va trebui să crească de 2,4 ori. Considerînd această cifră şi pentru întreprinderea noastră, ca întreprindere producătoare de motoare electrice, rezultă că va trebui ca pînă în 1965 să asigurăm prin toate mijloacele tehnice şi organizatorice, atingerea unui spor de producţie — la acest sortiment — în proporţie sensibil mai mare decît cel realizat în ultimii 5 ani. Ţinînd seama de ansamblul sarcinilor cuprinse în proiectul de Directive, va trebui să realizăm această creştere simultan cu dezvoltarea mai pronunţată a nivelului tehnic al produselor şi în condiţiile unei fabricaţii cît mai economice, respectiv la un preţ de cost cît mai scăzut.

În domeniul producţiei de motoare electrice stă în faţa noastră sarcina de a trece cît mai urgent la fabricarea integrală a noii serii unitare de maşini de curent alternativ, realizată cu performanţe tehnico-economice la nivelul cel mai modern.

De la faza de asimilare şi începere a fabricaţiei, realizată cu succes pînă acum, va trebui să organizăm fabricaţia de serie asigurînd pentru aceasta toate condiţiile tehnologice impuse de înaltul nivel calitativ la care trebuie produse aceste echipamente.

În general, se subliniază, în Directive, sporirea sarcinilor privitoare la construirea echipamentelor de tracţiune electrică.

Cum şi în acest domeniu, întreprinderea noastră produce o gamă variată de echipamente, va trebui să acordăm o atenţie şi mai mare acestor produse, atît ca nivel de concepţie cît şi ca execuţie tehnică.

În afara acestor cîteva probleme a căror nominalizare în proiectul de Directive ne-a atras în mod deosebit atenţia — întrucît ele formează obiectul profilului nostru de fabricaţie — este evident că întreprinderea „Klement Gottwald", care produce o gamă foarte variată de maşini şi utilaje electrice destinate tuturor ramurilor industriale, va trebui să-şi intensifice eforturile pentru a satisface — cantitativ şi calitativ — cerinţele ce vor apare în toate sectoarele, odată cu munca de traducere în practică a prevederilor de dezvoltare conţinute în proiectul de Directive.

Directivele celui de-al III-lea Congres şi îndeplinirea sarcinilor ce ne revin în urma lor ridică în general în faţa noastră problema intensificării continue a atenţiei ce trebuie acordată activităţii economico-organizatorice din întreprinderi, îmbinarea perfectă a acesteia cu activitatea tehnică desfăşurată la un nivel din ce în ce mai înalt.

Îmbunătăţirea permanentă a concepţiei constructive şi a proceselor tehnologice, raţionalizarea fluxului tehnologic şi mecanizarea fabricaţiei, reducerea progresivă a consumurilor specifice trebuie să conducă în ultimă instanţă la scăderea continuă a preţului de cost, la realizarea de beneficii mereu mai mari, la o rentabilitate din ce în ce mai bună a întreprinderii.

Mobilizaţi de minunatele perspective pe care ni le pun în faţă Directivele celui de-al III-lea Congres, antrenaţi cu entuziasm în întrecerea socialistă, muncitorii, tehnicienii şi inginerii întreprinderii noastre, nu vor precupeţi nici un efort pentru a-şi aduce din plin contribuţia lor la punerea în practică a măreţelor planuri economice ce ne stau în faţă.

Contribuţii la calculul releelor termice pentru protecţia motoarelor

Gheorghe Cosmin şi Radu Tomoioagă * — Bucureşti

CZ 621. 316.925.44.001.24

Se cunosc dificultăţile ce apar în exploatarea motoarelor pe urma funcţionării defectuoase a protecţiei contra suprasarcinilor şi a mersului în două faze. Dimensionarea justă şi calitatea garantată a releelor de protecţie este în acest sens de mare importanţă putînd preveni defectarea motoarelor. Proiectarea pe baze ştiinţifice a releelor termice poate avea pe această cale un important substrat economic.

1. Generalităţi

Deşi există încă unele construcţii de relee termice cu cositor, cu alcool sau bazate pe dilatare [1],[2],[3],[4],[5],[6],[7], deşi bimetalele au fost supuse multor critici mai mult sau mai puţin justificate [8], [9], [10], [11], [12], releele termice cu bimetal au rămas încă cele mai răspîndite. Mai mult chiar, proprietăţile bimetalului sînt astăzi amplificate în noile realizări de tri-, tetra- şi pentametale, combinaţii bazate pe acelaşi principiu, însă posedînd o şi mai mare sensibilitate [13].

Teoria generală a bimetalului este de mult timp cunoscută, însă o metodă de dimensionare practică a releelor termice de protecţie în funcţie de curent, deşi a făcut obiectul multor cercetări, unele la nivel teoretic foarte înalt [1], [14], [15], [16], [17], nu a fost încă pusă la îndemîna proiectanţilor.

Folosirea termobimetalului pentru construcţia releelor termice se bazează pe proprietatea acestuia de a se încovoia la încălzire. El este constituit din două benzi de metal — unul cu coeficient de dilatare foarte mic (termoinert), celălalt cu coeficient de dilatare foarte mare (termoactiv) — intim sudate împreună. Prin încălzire, bimetalul ia o formă curbă care permite celor două benzi să capete lungimi diferite, fără a se desprinde una de cealaltă. Avantajul esenţial al bimetalului faţă de alte dispozitive bazate pe dilatare este că săgeata care se obţine la capătul lamelei bimetalice depăşeşte cu mult valoarea obţinută prin dilatare termică simplă. De exemplu, o bandă de alamă cu lungimea de 10 cm încălzită la 100°C se lungeşte cu 0,19 mm. Dacă realizăm cu ea un bimetal de 1 mm grosime (prin adăugarea unei benzi de invar-material cu coeficient foarte mic de dilatare), vom obţine la capătul benzii, la aceeaşi încălzire de 100°C, o săgeată de 13,5 mm, adică de peste 70 ori mai mult.

Termobimetalul reprezintă astfel, un admirabil şi evident cel mai simplu transformator de energie termică în energie mecanică, cu multiple şi variate utilizări în toate domeniile tehnicii moderne. Ocupîndu-ne exclusiv în cadrul acestui studiu de utilizările sale ca releu termic de protecţie, vom analiza în continuare stadiul actual al metodelor de calcul (în măsura în care au fost publicate) [1], [2], [18], [19], [20], [21].

2. Metodele de calcul cunoscute

a) *Calculul săgeţii la capătul bimetalului*

Admiţînd că:

— lamela se încălzeşte uniform (neglijîndu-se deci influenţa bornelor);

— secţiunile transversale plane, perpendiculare pe axa lamelei, rămîn în timpul încovoierii plane şi perpendiculare pe axă;

— diferenţa dintre coeficienţii de dilatare liniară ai celor două straturi ale lamelei $(\alpha_2 - \alpha_1)$ rămîne constantă în tot timpul încălzirii, putem calcula săgeata la capătul lamelei bimetalice în cazul în care nu se exercită asupra ei nici o forţă exterioară, scriind egalitatea între alungirea suprafeţei inferioare a stratului superior şi alungirea suprafeţei superioare a stratului inferior.

Curbura obţinută este:

$$\frac{1}{r} = k\,(\alpha_2 - \alpha_1)\,\frac{\vartheta}{\delta}, \qquad (1)$$

unde:

ϑ este supratemperatura bimetalului faţă de temperatura de etalonare, la care se consideră $r = \infty$;

δ — grosimea lamelei bimetalice ($\delta = \delta_1 + \delta_2$).

$$k = \frac{3}{2 + \dfrac{(m^2 n - 1)^2}{2mn\,(m+1)^2}} \qquad (2)$$

cu $m = \dfrac{\delta_1}{\delta_2}$ şi $n = \dfrac{E_1}{E_2}$ (raportul modulilor de elasticitate).

Sensibilitatea:

$$\mu = \frac{1}{r} \cdot \frac{\delta}{\vartheta} \qquad (3)$$

devine maximă pentru $m^2 n - 1 = 0$, adică:

$$\frac{\delta_1}{\delta_2} = \sqrt{\frac{E_2}{E_1}}. \qquad (4)$$

---

* Ing. *Gh. Cosmin* este inginer şef la întreprinderea Electroaparataj.

Ing. *R. Tomoioagă* este inginer principal la laboratorul electrotehnic al întreprinderii Electroaparataj.

În acest caz ideal, foarte apropiat însă de realizările uzuale, $k = \frac{3}{2}$ și deci:

$$\frac{1}{r} = \frac{3}{2}(\alpha_2 - \alpha_1)\frac{\vartheta}{\delta}. \quad (5)$$

De aici, asimilînd curba formată cu un arc de cerc, rezultă săgeata $f = r(1 - \cos\varphi)$ unde $\varphi = \frac{l}{r}$, sau, dezvoltînd în serie $\cos\varphi$:

$$f \simeq \frac{3}{4}(\alpha_2 - \alpha_1)\vartheta\frac{l^2}{\delta}, \quad (6)$$

l fiind lungimea activă a lamelei bimetalice. Formula este valabilă în cazul lamelelor bimetalice fixate (incastrate) la un capăt.

b) *Calculul forței date de lamela bimetalică la capătul ei*

Considerînd săgeata x ca rezultatul unei forțe exterioare Q aplicată la capătul lamelei, obținem relația:

$$f = \frac{Q}{EJ}\frac{l^3}{3} \quad (7)$$

de unde rezultă valoarea forței:

$$Q = 3\,EJ\frac{f}{l^3} = \frac{3}{16}(\alpha_2 - \alpha_1)E\vartheta\frac{b\delta^2}{l}, \quad (8)$$

care reprezintă forța ce trebuie exercitată la capătul lamelei pentru a anula săgeata rezultată din încălzire și în același timp forța pe care lamela o exercită asupra unui reazem care îi împiedică mișcarea.

Trebuie deci bine clarificat că valoarea săgeții rezultată din calcul este valabilă pentru forță exterioară nulă, iar valoarea forței rezultată din calcul este valabilă pentru săgeată nulă.

La aceste formule se limitează teoria elementară a bimetalului renunțînd la posibilitatea de a calcula valoarea săgeții și forței tocmai în cazul real: cînd nici forța, nici săgeata nu sînt nule.

c) *Calculul încălzirii lamelei*

Se observă că formulele stabilite anterior indică valorile săgeții și forței în funcție de încălzirea lamelei bimetalice. Această încălzire este însă, la releele termice, funcție de curent; apare deci un nou obstacol în calculul acestora, obstacol și mai greu de trecut pentru că este necesară rezolvarea ecuației generale a încălzirii unui conductor [1], [22], [23]:

$$\frac{\partial^2\vartheta}{\partial x^2} - \frac{\gamma c}{\lambda}\cdot\frac{\partial\vartheta}{\partial t} - \frac{Kp}{\lambda s}\vartheta + \frac{\rho}{\lambda}\cdot\frac{I^2}{s^2} = 0. \quad (9)$$

Această ecuație poate fi simțitor simplificată, notînd:

$$\frac{\lambda}{\gamma c} = a^2, \quad \frac{Kp}{\gamma cs} = b^2 \text{ și } \frac{\rho}{\gamma c}\frac{I^2}{s^2} = A$$

și introducînd variabila u, legată de ϑ prin ecuația:

$$\vartheta = e^{-b^2t}u + \frac{A}{b^2} \quad (10)$$

Obținem astfel ecuația:

$$a^2\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{\partial u}{\partial t} \quad (11)$$

Pentru rezolvarea ei trebuie cunoscute trei condiții limită, adică repartizarea inițială și valorile mărimii u la cele două capete ale lamelei (pentru $x = 0$ și pentru $x = l$).

În cadrul teoriei analitice a căldurii s-au dedus numeroase soluții ale acestei ecuații [21], [22], [23] din care rezultă încălzirea tranzitorie în funție de condițiile la limită.

Dificultatea aplicării practice a soluțiilor astfel obținute și în special faptul că, admițînd repartiția neuniformă a temperaturii în lungul lamelei, formulele stabilite pentru săgeată și forță nu mai sînt valabile exact, ne face să recurgem la ipoteza simplificatoare că temperatura este constantă în lungul lamelei; în acest caz, se aplică formula cunoscută din calculul încălzirii conductoarelor omogene:

$$\vartheta = \vartheta_r(1 - e^{-\frac{t}{T}}), \quad (12)$$

unde temperatura de regim:

$$\vartheta_r = \frac{\rho}{K}\frac{I^2}{ps} \quad (13)$$

și constanta de timp:

$$T = \frac{\gamma c}{K}\frac{s}{p}. \quad (14)$$

Ne-am propus în consecință, folosind elementele teoretice cunoscute, să punem bazele unui sistem de calcul cu suficientă precizie și destul de simplu pentru a putea fi aplicat în practică.

3. Calculul bimetalului încălzit uniform

Să studiem cazul bimetalului încălzit uniform însă supus în același timp unei forțe exterioare antagoniste Q (fig. 1).

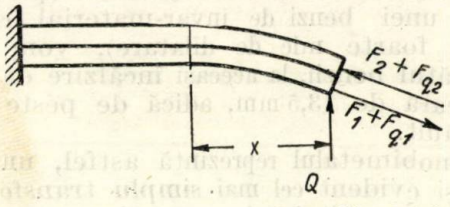


Fig. 1. Eforturile în secțiunea bimetalului.

Notații: dimensiunile bimetalului
— grosime $\delta = \delta_1 + \delta_2$;
— lățime b;
— lungime utilă l;

α_1, α_2 — coeficienții de dilatare;
E_1, E_2 — modulii de elasticitate;
r — raza de curbură.

După cum se știe din teoria clasică a bimetalului, forțele interioare F_1 și F_2 dau naștere momentelor $M_1 = \frac{F_1 \delta_1}{r} = \frac{J_1 E_1}{r}$, respectiv $M_2 = \frac{F_2 \delta_2}{2} = \frac{J_2 E_2}{r}$. Apare în plus momentul variabil Qx care, dacă este considerat repartizat în mod egal pe cele două straturi, dă naștere forțelor:

$$F_{q1} = \frac{Qx}{2} \Big/ \frac{\delta_1}{2} = \frac{Qx}{\delta_1}, \text{ respectiv } F_{q2} = \frac{Qx}{\delta_2}.$$

Dilatarea stratului *1* sub acțiunea diferitelor solicitări va fi suma următoarelor elemente:

$\alpha_1 \vartheta$ ca urmare a încălzirii;

$\frac{F_1}{E_1 \delta_1 b}$ ca efect al forței interioare F_1;

$\frac{\delta_1}{2r}$ ca urmare a încovoierii și în sfîrșit

$\frac{F_{q1}}{E_1 \delta_1 b}$ ca efect al forței exterioare F_{q1}.

Analog se determină elementele care formează dilatarea stratului *2* și scriind că cele două dilatări sînt egale, obținem relația

$$\alpha_1 \vartheta + \frac{F_1 + F_{q1}}{E_1 \delta_1 b} + \frac{\delta_1}{2r} = \alpha_2 \vartheta - \frac{F_2 + F_{q2}}{E_2 \delta_2 b} - \frac{\delta_2}{2r},$$

din care rezultă în cazul uzual $\left(\delta_1 = \delta_2 = \frac{\delta}{2}\right.$ și $\left. E_1 = E_2 = E\right)$, $\frac{1}{r} = \frac{3}{2}(\alpha_2 - \alpha_1)\frac{\vartheta}{\delta} - 12\frac{Qx}{E\delta^3 b}$.

Se vede că, în cazul în care nu există forță exterioară ($Q = 0$) se ajunge la formula cunoscută $\frac{1}{r} = \frac{3}{2}(\alpha_2 - \alpha_1)\frac{\vartheta}{\delta}$.

Calculul săgeții se face admițînd relația: $\frac{d^2y}{dx^2} = -\frac{1}{r} = 12\frac{Qx}{E\delta^3 b} - \frac{3}{2}(\alpha_2 - \alpha_1)\frac{\vartheta}{\delta} = Ax - B$

unde s-a notat:

$$A = \frac{12Q}{E\delta^3 b} \text{ și } B = \frac{3}{2}(\alpha_2 - \alpha_1)\frac{\vartheta}{\delta}.$$

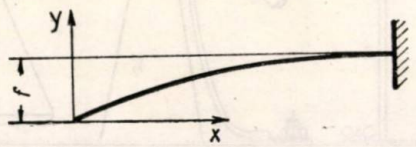


Fig. 2. Săgeata lamelei bimetalice supuse la încălzire.

Integrînd obținem:

$$\frac{dy}{dx} = A\frac{x^2}{2} - Bx + C_1$$

și $y = A\frac{x^3}{6} - B\frac{x^2}{2} + C_1 x + C_2$.

Condițiile inițiale:

$x = 0$, $y = 0$, deci $C_2 = 0$

$x = l$, $\frac{dy}{dx} = 0$, deci $C_1 = Bl - \frac{Al^2}{2}$.

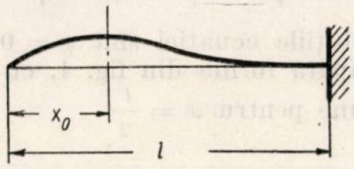


Fig. 3. Axa deformată a lamelei readuse în poziția inițială printr-o forță exterioară.

În consecință, ecuația axei deformate este:

$$y = A\frac{x^3}{6} - B\frac{x^2}{2} + \left(Bl - \frac{Al^2}{2}\right)x, \qquad (15)$$

sau

$$y = \frac{2Qx^3}{E\delta^3 b} - \frac{3}{4}(\alpha_2 - \alpha_1)\frac{\vartheta x^2}{\delta} + \left[\frac{3}{2}(\alpha_2 - \alpha_1)\vartheta\frac{l}{\delta} - \frac{6Ql^2}{E\delta^3 b}\right]x. \qquad (16)$$

Săgeata maximă f se obține din această expresie înlocuind $x = l$:

$$f = \frac{3}{4}(\alpha_2 - \alpha_1)\frac{\vartheta l^2}{\delta} - \frac{4Ql^3}{E\delta^3 b}. \qquad (17)$$

Se vede că pentru $Q = 0$, regăsim expresia cunoscută a săgeții la forță exterioară nulă:

$$f_0 = \frac{3}{4}(\alpha_2 - \alpha_1)\vartheta\frac{l^2}{\delta},$$

iar forța exterioară la care săgeata se anulează este:

$$Q_0 = \frac{3}{16}(\alpha_2 - \alpha_1)E\vartheta\frac{\delta^2 b}{l},$$

expresie de asemenea determinată anterior.

De remarcat că aplicarea forței exterioare Q_0 nu readuce lamela bimetalică la forma unei drepte, ceea ce se poate vedea ușor calculînd tangenta pentru $x = 0$ în acest caz:

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)_{x=0} = C_1 = \frac{3}{2}(\alpha_2 - \alpha_1)\vartheta\frac{l}{\delta} - \frac{12}{E\delta^3 b} \cdot \frac{3}{16}(\alpha_2 - \alpha_1)E\vartheta\frac{\delta^2 bl^2}{2l} = \frac{3}{8}(\alpha_2 - \alpha_1)\vartheta\frac{l}{\delta} \neq 0.$$

Tangenta se anulează pentru o valoare x_0 dată de:

$$A\frac{x^2}{2} - Bx + Bl - \frac{Al^2}{2} = 0$$

sau

$$x^2 - 2\frac{B}{A}x + 2\frac{B}{A}l - l^2 = 0 \quad \text{(fig. 3)},$$

Interesant este cazul particular: $\frac{B}{A} = \frac{l}{2}$, adică:

$$Q = \frac{1}{4}(\alpha_2 - \alpha_1) E \vartheta b \frac{\delta^2}{l},$$

în care soluțiile ecuației sînt $x = 0$ și $x = l$. Lamela capătă forma din fig. 4, cu un punct de inflexiune pentru $x = \frac{l}{2}$.

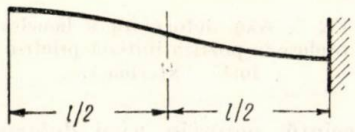


Fig. 4. Axa deformată în cazul $\frac{B}{A} = \frac{l}{2}$.

4. Verificări experimentale asupra bimetalelor încălzite uniform [24], [25], [26]

a) *Utilajul folosit*

Pentru studiul săgeții și forțelor la bimetalele încălzite uniform a fost construit un dispozitiv de încălzire în baie de ulei, dispozitiv care permite determinarea valorilor săgeții și forței la capătul lamelei bimetalice pentru fiecare valoare a temperaturii (fig. 5).

Lamela bimetalică B este fixată în suportul izolant P. La capătul lamelei acționează șurubul de reglaj S. Ansamblul suport-bimetal-șurub sînt cufundate într-o baie de ulei încălzită prin rezistența R. Temperatura uleiului, identică cu cea a bimetalului, se măsoară cu termometrul T. Prin bimetal, șurub și carcasă se închide un circuit de semnalizare de tensiune redusă.

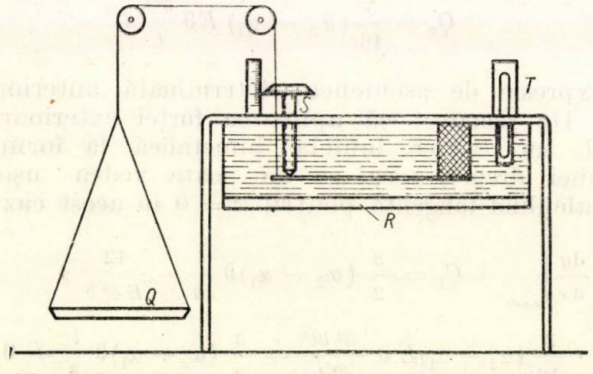


Fig. 5. Dispozitiv pentru studiul experimental al bimetalelor încălzite uniform:
R — rezistență încălzitoare; T — termometru; S — șurub micrometric; Q — taler pentru greutăți.

De capătul bimetalului este fixat un fir, care, printr-un sistem de scripeți, poate exercita asupra bimetalului o forță antagonistă Q, a cărei valoare se stabilește prin greutățile puse pe platan.

b) *Modul de experimentare*

Măsurarea săgeții la forță nulă. Eliminăm în această fază firul de tracțiune. Cu șurubul de reglaj se fixează poziția inițială a bimetalului (rotindu-l pînă la aprinderea becului din circuitul de semnalizare). Se încălzește uleiul, respectiv bimetalul, pînă la o anumită temperatură θ; becul care se stinge imediat ce începe încălzirea și deci deformarea bimetalului, se reaprinde la o anumită deplasare a șurubului de reglaj, deplasare care indică tocmai săgeata la capătul lamelei.

Măsurarea forței la săgeată nulă. Introducînd sistemul de scripeți și fixînd șurubul la poziția inițială, determinăm valorile greutăților care readuc capătul bimetalului la poziția inițială pentru anumite temperaturi. Mai comod putem trasa aceeași caracteristică stabilind temperaturile la care capătul bimetalului revine în poziția inițială pentru anumite greutăți fixe. Evident, cu acest dispozitiv pot fi trasate și caracteristicile pentru cazurile complexe în care și săgeata și forța au valori oarecare.

Măsurătorile făcute asupra a numeroase lamele bimetalice de diferite dimensiuni, la diferite temperaturi și cu diferite forțe antagoniste, au confirmat formula teoretică în limitele de precizie $\pm$ 10%.

5. Verificări experimentale asupra bimetalelor încălzite direct prin trecerea curentului

a) *Utilajul folosit*

Pentru studiul săgeții și forțelor la bimetalele încălzite prin trecerea curentului, a fost construit un dispozitiv cu balanță, reprezentat în fig. 6. Pe suportul izolant S_1, care poate fi deplasat în lungul mesei dispozitivului, este fixată lamela bimetalică B și conductorul de alimentare. Suportul permite fixarea unui număr

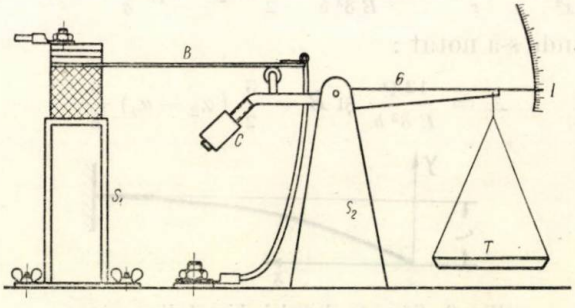


Fig. 6. Dispozitiv pentru studiul experimental al bimetalelor încălzite direct în aer liber:
S' S_2 — suporți; B — bimetal; C — contragreutate; G — ac indicator; I — scală gradată; T — taler pentru greutăți.

variabil de plăci metalice între lamela bimetalică și conductorul de alimentare, ceea ce dă posibilitatea studierii influenței bornelor asupra încălzirii bimetalului.

La celălalt capăt al lamelei este stabilită printr-un conductor flexibil continuitatea circuitului.

Pe suportul fix S_2 este fixată balanța G, apăsată într-o parte prin intermediul unei role izolante de către capătul bimetalului și avînd fixat în cealaltă parte talerul cu greutăți T și un ac indicator I, care culisează în lungul unei scări gradate. Contragreutatea C, mobilă în lungul șurubului care o străbate, servește la echilibrarea balanței.

Posibilitatea deplasării suportului S_1 permite studiul bimetalului de diferite lungimi; raportul mare între brațele de pîrghie ale balanței $\left(\frac{5}{1}\right)$ dă posibilitatea citirii comode a săgeților.

Modul de experimentare rezultă din construcție și nu necesită explicații suplimentare.

b) *Studiul distribuției temperaturii în lungul bimetalului*

Sub acțiunea curentului care o străbate, lamela bimetalică se încălzește neuniform, temperatura la mijlocul ei fiind mai mare decît

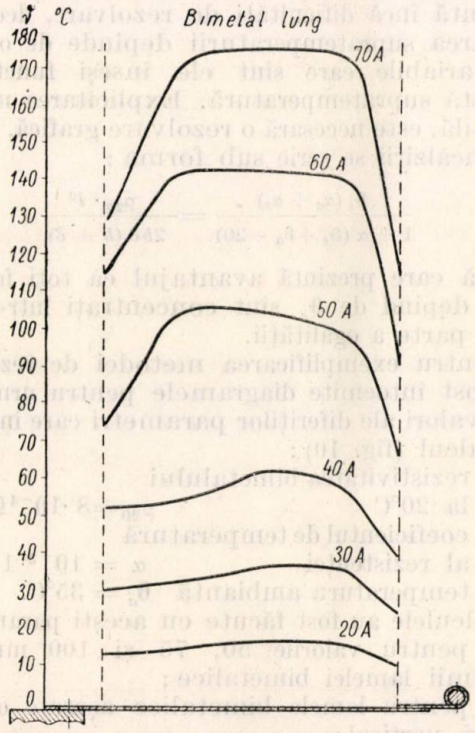


Fig. 7. Repartiția temperaturii la bimetalul lung.

la capete. Neuniformitatea distribuției depinde de masa bornelor, de lungimea și secțiunea bimetalului și de valoarea curentului. Calitativ, se poate spune că raportul dintre temperatura maximă și temperatura minimă în lungul bimetalului este cu atît mai mic (curba de repartiție mai aplatisată) cu cît masa bornelor este mai mică, cu cît lungimea bimetalului este mai mare cu cît secțiunea sa este mai mică, și cu cît curentul care îl traversează este mai mic.

În figurile 7 și 8 sînt reprezentate curbele de distribuție a temperaturii pentru un bimetal lung și pentru un bimetal scurt. Se vede că

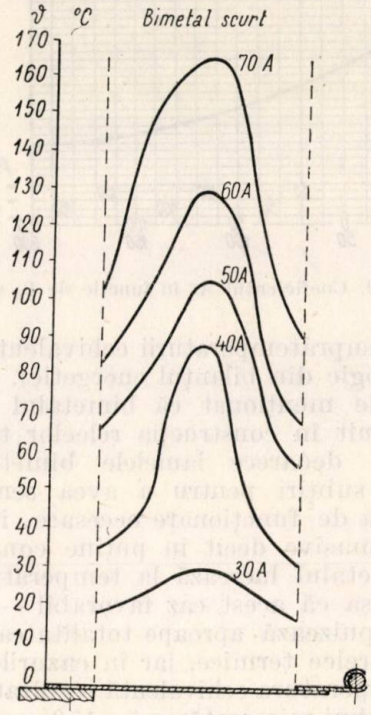


Fig. 8. Repartiția temperaturii la bimetalul scurt.

la bimetalul scurt efectul bornelor este predominant, pe cînd la cel lung apare o zonă de temperatură constantă în care nu se mai simte influența bornelor.

Nu a fost căutată o relație matematică între diverșii parametri, relație care să ne dea forma curbei sau gradul de neuniformitate, considerîndu-se că acest lucru nu prezintă un interes practic imediat. Într-adevăr, presupunînd că s-ar putea determina cu suficientă precizie forma curbei de repartiție a temperaturii în lungul bimetalului, pentru determinarea săgeții și forței ar fi necesară stabilirea unei formule sau a unei metode de integrare, care să dea valoarea săgeții la capătul lamelei bimetalice încălzite neuniform. Această dublă dificultate — de determinare a curbei de repartiție și de determinare a valorilor săgeții și forței în fnncție de această curbă — considerăm că nu poate fi rezolvată destul de simplu ca să permită aplicarea în practică.

Incomparabil mai simplă și mai exactă este rezolvarea problemei prin introducerea noțiunii de temperatură echivalentă, adică temperatura la care bimetalul încălzit uniform ar da aceeași săgeată.

c) *Determinarea temperaturii echivalente*

Experiențele au arătat că la bimetalul lung, la care influența bornelor este redusă, calculul încălzirii lamelei ca un conductor infinit de lung străbătut de curent, duce tocmai la deter-

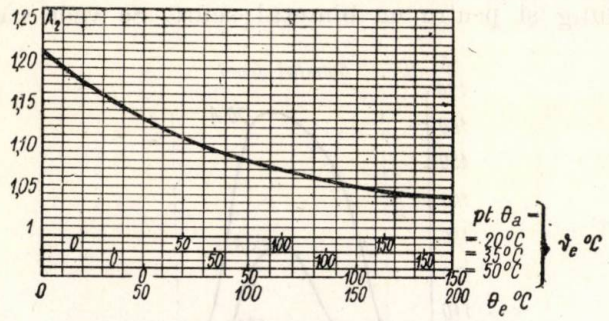


Fig. 9. Coeficientul A_2 în funcție de θ_e și θ_a.

minarea supratemperaturii echivalente (ceea ce rezultă logic din bilanțul energetic).

Este de menționat că bimetalul lung este cel obișnuit în construcția releelor termice de protecție, deoarece lamelele bimetalice sînt lungi și subțiri pentru a avea sensibilitatea și precizia de funcționare necesare, iar bornele nu sînt masive decît în puține construcții în care bimetalul lucrează la temperatură foarte înaltă. Așa că acest caz favorabil — bimetalul lung — epuizează aproape totalitatea construcțiilor de relee termice, iar în cazurile speciale, supratemperatura echivalentă rezultată din calcul va trebui micșorată cu 5—15%; eventualele devieri față de calculul teoretic, posibile de altfel chiar în cazurile obișnuite, urmînd să fie corectate în cadrul încercărilor prototipului.

Supratemperatura echivalentă se va calcula deci cu formula cunoscută:

$$\vartheta_e = \frac{P}{S \cdot K} = \frac{\rho}{K} \frac{I^2}{sp} = \frac{\rho}{K} \frac{I^2}{2b\delta(b+\delta)}. \qquad (18)$$

Rezistivitatea:

$$\rho = \rho_{20}(1 + \alpha\tau), \qquad (19)$$

unde:

ρ_{20} este rezistivitatea bimetalului la 20°C;
α — coeficientul de temperatură al rezistenței;

Încălzirea:

$$\tau = \theta_e - 20 = \vartheta_e + \theta_a - 20, \qquad (20)$$

este supratemperatura bimetalului față de temperatura de etalonare de 20° C (s-a notat temperatura bimetalului cu θ_e și temperatura ambiantă cu θ_a).

Coeficientul de transmisie totală a căldurii, $K = \alpha_c + \alpha_r$, în care:

— coeficientul de transmisie a căldurii prin convecție are valorile:

$$\alpha_c = 6{,}53 \cdot 10^{-6} A_2 \left(\frac{\vartheta_e}{l}\right)^{0{,}25} \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{mm^2\,°C}} \qquad (21)$$

pentru bimetale așezate vertical,

$$\alpha_c = 5{,}92 \cdot 10^{-6} A_2 \left(\frac{\vartheta_e}{l}\right)^{0{,}25} \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{mm^2\,°C}} \qquad (22)$$

pentru bimetale așezate orizontal (formulele sînt adaptate după Miheev) [23]; A_2 este dat în fig. 9, în funcție de temperatura θ_e a bimetalului, iar l este dat în mm;

— coeficientul de transmisie a căldurii prin radiație are valorile:

$$\alpha_r = 5{,}76 \cdot 10^{-14} \cdot \varepsilon \frac{T_e^4 - T_a^4}{T_e - T_a} \simeq 5{,}76 \cdot 10^{-14} \varepsilon \cdot 4 T_m^3, \qquad (23)$$

unde:

$$T_m = \frac{T_e + T_a}{2};$$

sau:

$$\alpha_r = 11{,}5 \cdot 10^{-14} \varepsilon (546 + \vartheta_e + 2\theta_a)^3 \qquad (24)$$

unde coeficientul de absorbție $\varepsilon \simeq 0{,}4$,

sau în sfîrșit:

$$\alpha_r = 4{,}6 \cdot 10^{-14} (546 + \vartheta_e + 2\theta_a)^3 \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{mm^2\,°C}} \qquad (25)$$

Chiar simplificată în felul acesta, problema prezintă încă dificultăți de rezolvare, deoarece valoarea supratemperaturii depinde de o serie de variabile care sînt ele însești funcții de această supratemperatură. Explicitarea nefiind posibilă, este necesară o rezolvare grafică. Ecuația încălzirii se scrie sub forma:

$$\frac{\vartheta_e(\alpha_c + \alpha_r)}{1 + \alpha(\vartheta_e + \theta_a - 20)} = \frac{\rho_{20} \cdot I^2}{2b\delta(b+\delta)}, \qquad (26)$$

formă care prezintă avantajul că toți factorii care depind de ϑ_e sînt concentrați într-o singură parte a egalității.

Pentru exemplificarea metodei de rezolvare au fost întocmite diagramele pentru următoarele valori ale diferiților parametri care intervin în calcul (fig. 10):

— rezistivitatea bimetalului la 20°C $\rho_{20} = 8 \cdot 10^{-4}\,\Omega\mathrm{mm}$;
— coeficientul de temperatură al rezistenței $\alpha = 10^{-3}\ 1/°\mathrm{C}$;
— temperatura ambiantă $\theta_a = 35°\mathrm{C}$.

Calculele au fost făcute cu acești parametri:

— pentru valorile 50, 75 și 100 mm ale lungimii lamelei bimetalice;
— pentru lamele bimetalice așezate orizontal și vertical;
— pentru valori ale curentului între 10 și 100 A;
— pentru valori ale produsului $sp = 2b\delta(b+\delta)$ între 20 și 1 600 mm³;
— pentru valori ale supratemperaturii între 0 și 200°C.

S-au determinat cu ajutorul diagramelor astfel calculate, caracteristicile $\vartheta_e = f(I)$ pentru

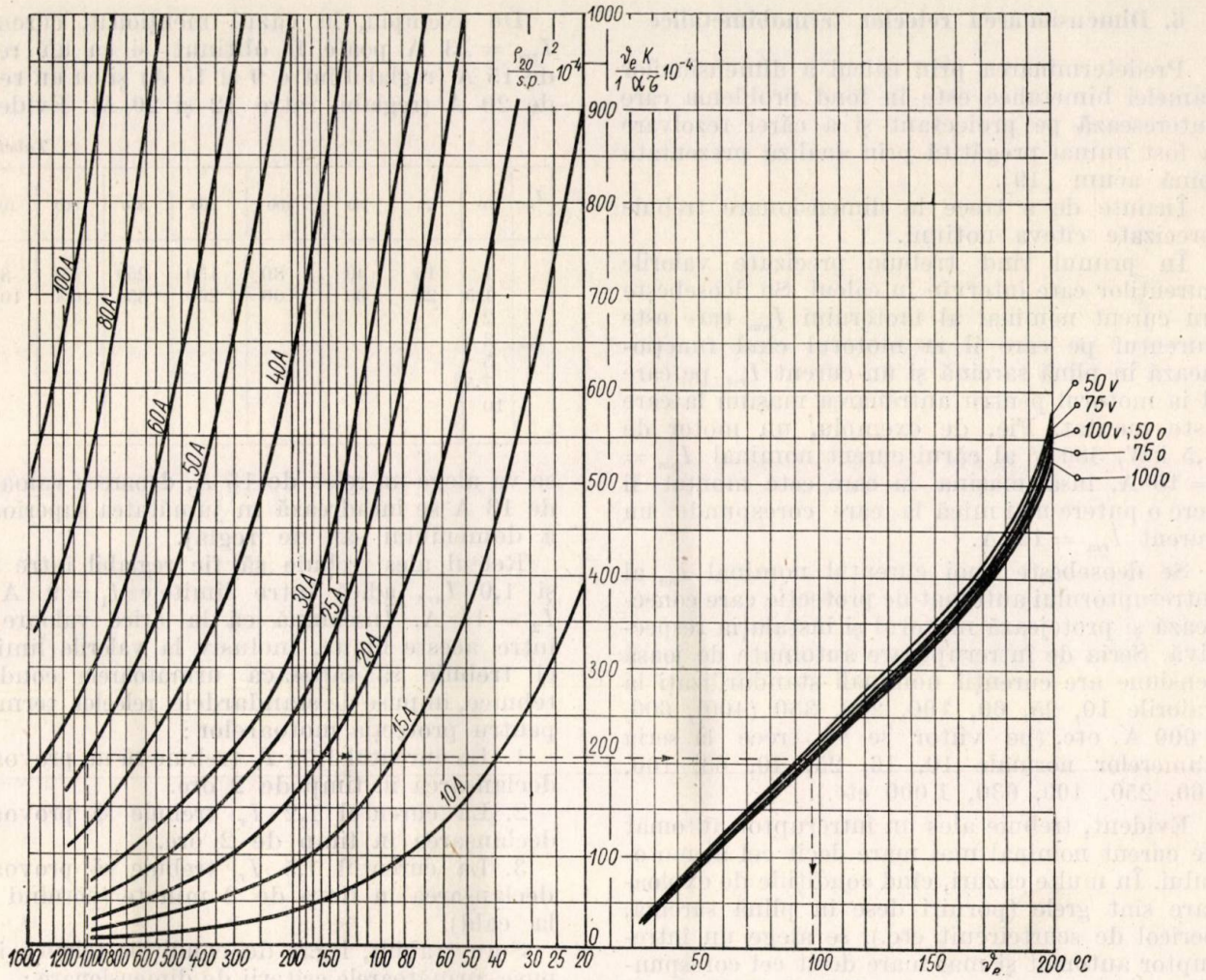


Fig. 10. Diagramă pentru calculul încălzirii bimetalului.

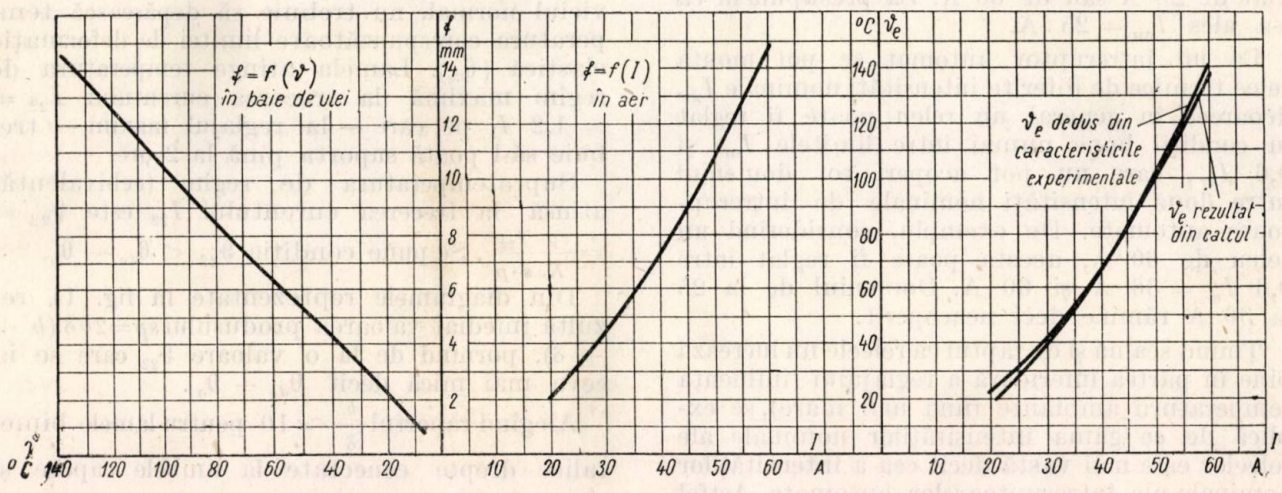


Fig. 11. Determinarea teoretică și experimentală a supratemperaturii echivalente.

diferite bimetale, constatîndu-se valabilitatea practică a metodei de calcul. În fig. 11 sînt reprezentate comparativ pentru unul din aceste bimetale, curbele supratemperaturii calculate și celei reale deduse din caracteristicile $f = f(\vartheta)$, ridicată la temperatură uniformă (în baie de ulei) și $f = f(I)$.

Modul de determinare a punctelor noilor caracteristici este reprezentat cu linie întreruptă pe diagramele respective.

6. Dimensionarea releelor termobimetalice

Predeterminarea prin calcul a dimensiunilor lamelei bimetalice este în fond problema care interesează pe proiectant și a cărei rezolvare a fost numai pregătită prin analiza prezentată pînă acum [19].

Înainte de a trece la dimensionare trebuie precizate cîteva noțiuni.

În primul rînd trebuie precizate valorile curenților care intervin în calcul. Se deosebește un curent nominal al motorului I_{nm} care este curentul pe care îl ia motorul cînd funcționează în plină sarcină și un curent I_{rm} pe care îl ia motorul pentru antrenarea mașinii la care este montat. Fie, de exemplu, un motor de 7,5 kW, 380 V al cărui curent nominal $I_{nm} = 15$ A, însă mașina la care este montat îi cere o putere mai mică la care corespunde un curent $I_{rm} = 13$ A.

Se deosebește apoi curentul nominal I_{na} al întreruptorului automat de protecție care conectează și protejează motorul și instalația respectivă. Seria de întreruptoare automate de joasă tensiune are curenții nominali standardizați la valorile 10, 25, 60, 100, 200, 350 (400), 600, 1 000 A etc. (pe viitor se va trece la seria numerelor normale 10, 16, 25, 40, 63, 100, 160, 250, 400, 630, 1 000 etc.).

Evident, trebuie ales un întreruptor automat de curent nominal mai mare decît cel al motorului. În multe cazuri, cînd condițiile de exploatare sînt grele (porniri dese în plină sarcină, pericol de scurtcircuit etc.), se alege un întreruptor automat și mai mare decît cel corespunzător primei trepte; de exemplu, în cazul menționat se poate alege un întreruptor automat de 25 A sau de 60 A. Să presupunem că s-a ales $I_{na} = 25$ A.

La un întreruptor automat se pot monta relee termice de diferite intensități nominale I_{nr}, deoarece în general un releu poate fi reglat în condiții bune numai între limitele I_{nr} și 0,6 I_{nr}, care nu pot acoperi tot domeniul între două intensități nominale de întreruptoare automate. De exemplu, considerînd un releu de 60 A, acesta poate fi reglat între 0,6 $I_n = 36$ A și 60 A. Domeniul de la 25 la 36 A rămîne deci neacoperit.

Ținînd seamă și de faptul că releele nu lucrează bine în partea inferioară a reglajului (influența temperaturii ambiante fiind mai mare), se explică de ce gama intensităților nominale ale releelor este mai vastă decît cea a intensităților nominale ale întreruptoarelor automate. Astfel scara intensităților pentru releele termice este standardizată în țara noastră conform tabelei 1.

Alegerea releului trebuie astfel făcută încît curentul efectiv al motorului I_{rm} să se încadreze pe cît posibil în jumătatea superioară a domeniului de reglaj al releului (adică între 0,8 și 1,0 I_{nr}).

De exemplu, în cazul menționat, curentul $I_{rm} = 13$ A poate fi obținut și cu un releu de 15 A (reglabil între 9 și 15 A) și cu un releu de 20 A (reglabil între 12 și 20 A). Evident,

Tabela 1

I_{na}	10	25	60	100	200	350	600	1000
I_{nr}	1	15	40	80	150	250	450	800
	1,5	20	60	100	200	350	600	1000
	2							
	3							
	5							
	7,5							
	10							

se va alege un releu de 15 A, deoarece valoarea de 13 A se încadrează în jumătatea superioară a domeniului său de reglaj.

Releul ales trebuie să fie reglabil între 0,6 și 1,0 I_{nr}, adică între limitele $I_1 = 9$ A și $I_2 = 15$ A. Înseamnă că la orice valoare I_r între aceste limite, inclusiv la valorile limită, el trebuie să satisfacă următoarele condiții tehnice, impuse de standardele releelor termice pentru protecția motoarelor:

1. La curentul 1,05 I_r trebuie să nu provoace declanșarea în timp de 2 ore.
2. La curentul 1,2 I_r trebuie să provoace declanșarea în timp de 2 ore.
3. La curentul 1,5 I_r trebuie să provoace declanșarea în timp de 2 minute (pornind de la cald).

S-au stabilit, legat de condițiile tehnice impuse, următoarele criterii de dimensionare:

a) *Cea mai mare temperatură de regim* pe care o poate atinge lamela bimetalică în serviciul normal, nu trebuie să depășească temperatura corespunzătoare limitei de deformație elastică (θ_{de}). Lamela atinge temperatura de regim maximă la trecerea curentului $I_{22} = 1{,}2\ I_r$ pe care — la reglajul maxim — trebuie să-l poată suporta pînă la 2 ore.

Supratemperatura de regim (echivalentă) atinsă la trecerea curentului I_{22} este $\vartheta_{22} = \frac{\rho}{K}\frac{I_{22}}{s \cdot p}$. Se pune condiția $\vartheta_{22} < \theta_{de} - \theta_a$.

Din diagramele reprezentate în fig. 11 rezultă imediat valoarea produsului $sp = 2b\delta(b + \delta)$, pornind de la o valoare ϑ_{22} care se ia ceva mai mică decît $\theta_{de} - \theta_a$.

Alegînd raportul $\frac{b}{\delta} \simeq 10$ pentru lamele bimetalice drepte conectate la ambele capete și $\frac{b}{\delta} \simeq 5$ pentru lamele în formă de U, se pot calcula dimensiunile principale ale secțiunii.

Cum releele sînt de obicei așezate într-un spațiu închis, de dimensiuni reduse, prin θ_a trebuie înțeleasă temperatura din acest spațiu; ea este de ordinul a 35—50°C, pentru temperaturi ambiante de 20—25°C.

b) *La curentul minim care trebuie să provoace declanșarea*, adică la $I_{12} = 1{,}2\ I_1$ trebuie să fie îndeplinite următoarele condiții :

— Temperatura atinsă de lamelă să fie mai mare ca limita inferioară de proporționalitate θ_{pi}.

— Săgeata obținută să fie mai mare decît cursa moartă (c_m) (distanța care trebuie parcursă de capătul lamelei bimetalice din punctul de atingere al clichetului — sau portcontactului — pînă în punctul în care este provocată declanșarea). Cursa moartă este pentru relee de circa 1 mm, iar pentru declanșatoare de circa 3—4 mm.

— Forța obținută să fie mai mare decît forța necesară declanșării (F_{nd}); această forță este pentru declanșatoare de 0,25 — 0,5 kgf, iar pentru relee de 0,05—0,1 kgf.

Condițiile menționate pot fi ușor transpuse în ecuații, și anume :

$$1)\ \vartheta_{12} = \frac{\rho}{K}\,\frac{I_{12}^2}{s\cdot p} \geqslant \theta_{pi} - \theta_a \qquad (28)$$

$$2)\ f_{12} = \frac{3}{4}\,(\alpha_2 - \alpha_1)\,\frac{\vartheta_{12}\cdot l^2}{\delta} - \frac{4\cdot F_{nd}\cdot l^3}{E\,b\,\delta^3} \geqslant c_m\ . \qquad (29)$$

Prin rezolvarea celor două ecuații se obține lungimea minimă necesară lamelei bimetalice.

c) *La curentul minim care trebuie să provoace declanșarea rapidă*, adică la $I_{13} = 1{,}5\ I_1$, bimetalul trebuie să atingă numai în timp de 2 minute, cel puțin temperatura de declanșare, adică temperatura de regim atinsă la trecerea curentului $I_{12} = 1{,}2\ I_1$.

Pe baza ecuației încălzirii în regim tranzitoriu

$$\vartheta = \vartheta_r\,(1 - e^{-\frac{t}{T}}),$$

se obține relația :

$$\vartheta_{13}\ (1 - e^{-\frac{120}{T}}) \geqslant \vartheta_{12}.$$

Deoarece :

$$\vartheta_{13} = \frac{\rho}{K}\,\frac{I_{13}^2}{sp} \quad \text{și} \quad \vartheta_{12} = \frac{\rho}{K}\,\frac{I_{12}^2}{s\cdot p},$$

$$I_{13} = 1{,}5\ I_1 \ \text{iar}\ I_{12} = 1{,}2\ I_1,$$

relația devine, neglijînd variațiile rezistivității și coeficientului de transmisie a căldurii :

$$1{,}5^2\,(1 - e^{-\frac{120}{T}}) \geqslant 1{,}2^2 \ \text{sau},$$

deoarece : $T = \frac{\gamma_c}{K}\,\frac{s}{p} = \frac{\gamma_c}{2K}\,\frac{b\delta}{b+\delta}$,

se obțin, înlocuind cu valorile medii ale parametrilor, relațiile foarte importante $\delta \leqslant 1{,}85$ mm în cazul $b = 10\ \delta$ și $\delta \leqslant 2{,}02$ mm în cazul $b = 5\delta$.

Această condiție limitează deci la 1,8 mm (maximum 2 mm pentru bimetale în formă de U), grosimea lamelelor bimetalice folosite în relee termice și implicit limitează prin aceasta și valoarea curenților la care pot fi folosite relee termice încălzite prin trecerea directă a curentului, fără șunt.

Determinînd curentul maxim corespunzător acestei grosimi limită, se obține cu ajutorul diagramelor valoarea de 83 A. Ținînd seamă că cea mai apropiată valoare normalizată este de 80 A, rezultă că — cu bimetale de calitate uzuală — nu se pot realiza relee termice cu încălzire directă mai mari de 80 A.

De asemenea, pentru bimetalele în formă de U valoarea maximă este de 40 A.

d) Cu o ultimă precizare, anume că pentru bimetalele în formă de U *se introduce în calcul secțiunea simplă și lungimea simplă iar forța obținută este dublă*, considerăm încheiată problema dimensionării releelor termice încălzite direct.

Problema releelor termice bimetalice încălzite indirect va fi tratată ulterior.

Caracteristica de declanșare — timpul de declanșare $t_d = f(I)$ — a elementului bimetalic dimensionat, se determină prin relația derivată din ecuația de încălzire :

$$t_d = T \ln \frac{1}{1 - \frac{\vartheta_d}{\vartheta_r}}\ . \qquad (30)$$

Temperatura de declanșare fiind ϑ_{12} pentru poziția nominală de reglaj și ϑ_{22} pentru poziția maximă, și stabilind ca declanșarea la curentul I_{12}, respectiv I_{22}, să se facă într-un timp egal cu 3 T, rezultă :

$$\vartheta_{d1} = \vartheta_{12}\,(1 - e^{-3}) = 0{,}95\ \vartheta_{12} \ \text{respectiv}$$

$$\vartheta_{d2} = 0{,}95\ \vartheta_{22}.$$

Caracteristicile se determină pentru valori ale curentului I cuprinse între 1,2 I_1 și 8 I_1 pentrn poziția minimă, între 1,2 I_2 și 8 I_2 pentru poziția maximă. Valorile curentului se introduc în expresia supratemperaturii de regim echivalente

$$\vartheta_r = \frac{\rho}{K}\,\frac{I^2}{s\cdot p}.$$

De asemenea, poate fi dimensionat dispozitivul de reglaj stabilind diferența între săgețile f_{12} și f_{22} obținute la curenții I_{12}, respectiv I_{22}. Considerînd reglajul realizat printr-un excentric, excentricitatea (distanța între centrul discului și centrul de rotație) va fi egală cu $\frac{f_{22} - f_{12}}{2}$, adică :

$$e = \frac{3}{8}\,(\alpha_2 - \alpha_1)\,\frac{l^2}{\delta}\,(\vartheta_{22} - \vartheta_{12}).$$

e) *Exemplu de calcul.* Să se dimensioneze o lamelă bimetalică în formă de U destinată unui releu de protecția motoarelor pentru curentul nominal $I_r = 25$ A.

Se dau: Calitatea bimetalului TB3, cu următoarele caracteristici:

— coeficientul de sensibilitate $\alpha_2 - \alpha_1 = 23{,}5 \cdot 10^{-6}$ 1/°C;
— rezistivitatea la 20°C $\varrho_{20} = 8 \cdot 10^{-4}$ Ωmm;
— coeficientul de temperatură al rezistenței $\alpha = 10^{-3}$ 1/°C;
— temperatura corespunzătoare limitei de deformație elastică $\theta_{de} = 210$°C;
— temperaturile corespunzătoare limitelor de proporționalitate $\theta_{pi} = 50$°C și $\theta_{ps} = 190$°C;
— căldura specifică volumetrică $\gamma \cdot c = 3{,}5$ Ws/mm³°C;
— modulul de elasticitate $E = 13 \cdot 10^3$ kg/mm²;
— temperatura ambiantă în cutia releelor $\theta_a = 35$°C;
— cursa moartă $c_m = 3$ mm;
— forța necesară declanșării $F_{nd} = 0{,}20$ kgf;
— bimetalele așezate în poziție orizontală.

Rezolvare:

Limitele de reglaj $I_1 = 0{,}6\ I_r = 15$ A
$I_2 = 1{,}0\ I_r = 25$ A
Valori caracteristice $I_{12} = 1{,}2\ I_1 = 18$ A
$I_{22} = 1{,}2\ I_2 = 30$ A

1. Pentru $\vartheta_{22} < \theta_{de} - \theta_a < 210 - 35 < 175$, se ia $\vartheta_{22} = 170$°C.

Rezultă din diagramă pentru $\vartheta_{22} = 170$°C și $I_{22} = 30$ A, $sp \simeq 170$ mm³.

Se ia valoarea normalizată $\delta = 1{,}4$ mm și $b = 7$ mm.

Rezultă $sp = 165$ mm³ și $\vartheta_{22} = 166$°C.

2. Pentru $I_{12} = 18$ A și $sp = 165$ mm³, rezultă $\vartheta_{12} = 85$°C.

Condiția $\vartheta_{12} > \theta_{pi} - \theta_a > 50 - 35 > 15$°C este verificată.

Din relația:

$$\frac{3}{4}(\alpha_2 - \alpha_1)\frac{\vartheta_{12}\, l^2}{\delta} - \frac{4}{E}\frac{F_{nd}}{2 \cdot b}\frac{l^3}{\delta^3} > c_m$$

sau

$$\frac{3}{4} 23{,}5 \cdot 10^{-6} \frac{85 l^2}{1{,}4} - \frac{4}{13 \cdot 10^3}\frac{0{,}25}{2 \cdot 7}\frac{l^3}{(1{,}4)^3} > 3{,}75,$$

unde, pentru rezervă, s-au mărit valorile F_{nd} și c_m cu 25%, se obține ecuația $l^3 - 535\ l^2 + 1\,875\,000 \leqslant 0$ cu soluția $l \simeq 63$ mm.

Excentricitatea discului de reglaj:

$$e = \frac{3}{8} 23{,}5 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{63^2}{1{,}4}(170 - 85) = 2{,}13 \text{ mm}.$$

7. Aplicații

Utilajul construit pentru aceste determinări și metodele de calcul elaborate se folosesc în mod curent în întreprinderea Electroaparataj pentru determinarea caracteristicilor bimetalului recepționat, respectiv pentru dimensionarea releelor termice directe ale întreruptoarelor și contactoarelor automate.

Rezultatele aplicării metodei sînt pe deplin satisfăcătoare, nefiind necesare în cadrul încercărilor prototipului decît neînsemnate corecturi, corespunzător condițiilor specifice ale aparatului încercat.

8. Concluzii

Scopul lucrării, de a pune la îndemîna proiectantului o metodă de dimensionare a releelor termice cu bimetal, a fost atins.

Pentru aceasta a trebuit să fie întîi formulată și verificată o relație care să dea săgeata în funcție de temperatură, la o forță antagonistă dată, în condițiile unei încălziri uniforme în baie de ulei.

A fost apoi studiată încălzirea și săgeata bimetalului străbătut de curent, introducîndu-se noțiunea de temperatură echivalentă care dă posibilitatea unei legături matematice între curent și săgeată.

În sfîrșit, relațiile determinate au fost folosite în cadrul unei metode de dimensionare legată de condițiile tehnice standardizate.

Bibliografie

[1] *Vorobiev I. A.* și *Caţnelson C. O.*: Termobimetalul. E.E.S., București, 1953.
[2] *Stupeli A. F.*: Relee de protecție și automatizare. E.E.S., București, 1952, 188–212.
[3] *Hans-Jürgen Schrader*: Ein Motorschutzrelais für Drehstrommotoren im aussetzenden Betrieb. E.T.Z. **72** (1951) 21, 634–636.
[4] *Franken H.*: 30 Jahre Motorschutz. E.u.M. **69** (1952) 8, 192–196.
[5] *Blaschke H.*: Motorschutz. Verl. Technik, Berlin, 1954.
[6] *Franken H.*: Motorschutzfragen. E.T.Z. **65** (1944) 12, 370–375.
[7] *Hopferwieser E.*: Der Schutz von Niederspannungsanlagen industrialler Betriebe. B.B.C. Mitt. **31** (1944) 4, 152–156.
[8] *Franken H.*: Die Kurzschlussfestigkeit von thermischen Auslösern und Relais. E.u.M. **70** (1953) 16, 479–484.
[9] *Laig – Hörstebrock W.*: Die Auslösegenauigkeit von Bimetallauslösern für Motorschutzschaltern. E.T.Z.-A **75** (1954) 7, 245–248.
[10] *Hass H.*: Die Bimetallauslöser und Bimetallrelais, ihre Kennlinie und ihre Eichung. Siemens. Z. **29** (1955) 2. 61–68.
[11] *Kummant K.*: Die Zeitkonstanten thermischer Überstromauslöser. E.u.M. **67** (1950) 12, 361–365.
[12] *Kirchdorfer J.*: Eine kritische Betrachtung der Anforderungen an Motorschutschalter. Bull. ASE **46** (1955) 604–613.
[13] *Hentsch A.*: Untersuchungen an Sonderthermobimetallen. Elektrie **13** (1959) 8, 309–312.
[14] *Fahlenbrach H.*: Das Thermobimetall, mit besonderer Berücksichtigung der Grundlagen für die Werkstoffentwicklung. E.T.Z. **72** (1951) 11, 337–339.

[15] *Rips A.*: Rascet podogrevatelei termobimetalliceskih elementov teplovîh apparatov. Elektricestvo (1958) 7, 51–54.
[16] *Semlyén A.*: Despre alegerea dimensiunilor principale ale lamelelor bimetalice simple folosite ca relee de supracurent. Electrotehnica **5** (1957) 6, 183–188.
[17] *Alekseevski V. V.*: Primenenie bimetallov elektroapparatostroenii. Izd. AN Armianskoi S.S.S.R, 1953.
[18] *Babikov A. M.*: Aparate electrice, vol II. Edit. Tehnică, București, 1959, 368–385.
[19] *** Manualul Inginerului Electrician. Editura Tehnică, București, 1956, vol. IV, 351–356.
[20] *Builov I. A.*: Principiile de construcție ale aparatelor electrice E.E.S. București, 1954.
[21] *Kirchdorfer J.*: Eine qualitative Betrachtung der stationären Erwärmung an Thermoauslösern. Arch. Elektrotechn. **42** (1951) 1, 32–42.
[22] *Avramescu A.*: Beiträge zur Berechnung der Kurzschlusserwärmung. Diss. T.H. Dresden, 1937.
[23] *Miheev A. M.*: Bazele transmiterii căldurii. E.E.S. București, 1953.
[24] *Franken H.*: Prüfung und Genauigkeit thermischer Auslöser. E.T.Z. **56** (1935) 1301, 1350.
[25] *Roth K.*: Bimetallmessgeräte. Arch. Techn. Messen (1952) 196, 117–119.
[26] *Stephani H.*: Methoden zur Prüfung von Bimetallen. Elektrie **13** (1959) 8, 313–315.

Intrat în redacție la 31 martie 1960.

Dispozitive electronice pentru comanda aparatelor de comutație la încercarea la uzură

Ion Barbu* – București

Leforditva 3606/62

Aparatele de comutare, destinate comenzilor și reglajelor automate, trebuie să reziste la solicitări de uzură mari, din cauza frecvenței ridicate a manevrărilor. Îmbunătățirea acestor aparate presupune încercarea lor în condiții grele de exploatare la un număr de conectări de ordinul milioanelor. Mecanizarea și automatizarea dispozitivelor de comandă a acestor experiențe este calea ce trebuie urmată în laboratoare și întreprinderi pe linia introducerii tehnicii noi.

CZ 621.316 57.066.6.004.6 ; 621.398

Încercarea aparatelor de comutație la uzura mecanică și electrică se face în scopul determinării duratei de viață, precum și în scopul îmbunătățirii producției prin reproiectarea și înlocuirea părților din aparate care nu au rezistat în timpul încercărilor [1], [2].

Dispozitivele cu ajutorul cărora se execută această încercare sînt formate în general dintr-un motor sincron, care acționează prin intermediul unui reductor de viteză, un disc cu contacte. În lucrare sînt descrise schemele folosite și calculul a două dispozitive electronice care permit realizarea comenzii bobinei electromagnetului de acționare a aparatului de comutație și numărarea ciclurilor de conectare. Bobina electromagnetului este comandată prin intermediul contactelor auxiliarelor ale releului dispozitivului de comandă. Ciclurile de conectare ce se obțin cu aceste aparate sînt cuprinse între 300 și 6 000 conectări pe oră.

Prima schemă se referă în principiu la un generator de impulsuri periodice [3], [4], iar a doua la un releu basculant.

Ciclurile de conectare efectuate de dispozitive sînt înregistrate de un numărător de impulsuri, care constă dintr-un contor pentru convorbiri telefonice, a cărui bobină se găsește în circuitul anodic al unuia din tiratroanele dispozitivului.

Dispozitivele au fost realizate de autor în cadrul secției de curenți tari din ICET.

* Ing. *Ion Barbu* este cercetător la Institutul de Cercetări Electrotehnice, București.

1. Funcționarea schemelor folosite

1.1. *Generatorul de impulsuri periodice* este arătat în fig. 1. În timpul procesului de încărcare a condensatorului C, tiratronul este blocat, datorită transmiterii pe grilă a căderii de tensiune negativă de pe R_1. La sfîrșitul procesului de încărcare a condensatorului C, curentul scade, scăzînd și căderea de tensiune pe R_1. Astfel, pentru o cădere de tensiune de ordinul voltilor, egală cu tensiunea de aprindere a tiratronului, tiratronul se aprinde. Stingerea tiratronului se realizează la trecerea curentului de descărcare a condensatorului C prin zero. Deci, este necesară obținerea în circuitul de descărcare a condensatorului C, a unui curent oscilant amortizat.

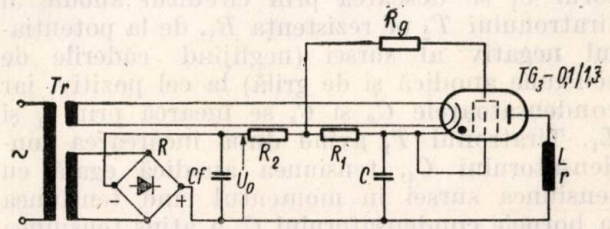


Fig. 1. Schema completă a generatorului de impulsuri periodice.

Durata ciclului după care se repetă fenomenul, depinde de constanta de încărcare a condensatorului C și poate fi reglată ușor prin variația rezistenței R_2. Inductanța L este, în cazul dispozitivului realizat, inductanța bobinei unui releu de tensiune, dar ea poate fi în cazul

acționării electromagneților de curent continuu, chiar bobina aparatului de încercare. Divizarea rezistenței R_2 a fost necesară deoarece în primul moment al încărcării condensatorului C, întreaga tensiune de alimentare, cu semnul minus, se aplică pe grila tiratronului. Această tensiune fiind de ordinul sutelor de volți, depășește tensiunea de negativare permisă la tiratroane (de ordinul zecilor de volți).

1.2. *Schema de principiu a releului basculant* este dată în fig. 2. Prin aplicarea saltului de

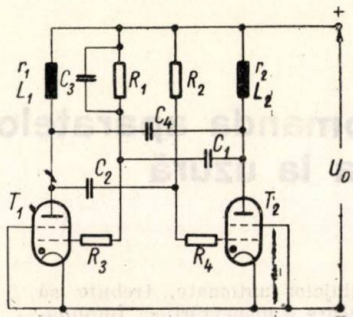


Fig. 2. Schema de principiu a releului basculant.

tensiune pozitivă, grila tiratronului T_1 primește, datorită șuntării rezistenței R_1 de către C_3, acest salt de tensiune și tiratronul se aprinde, din acest moment condensatoarele C_1 și C_4 se încarcă la aproximativ tensiunea de alimentare U_0 (neglijînd căderea de tensiune anodică și de grilă), încărcarea făcîndu-se prin circuitul r_2, L_2. În primul moment al încărcării tensiunea la bornele condensatorului C_4 este foarte mică și tiratronul T_2 este blocat; pe măsură ce condensatorul C_4 se încarcă, tensiunea la bornele lui crește, crescînd astfel și tensiunea anodică a tiratronului. Tensiunea de grilă fiind pozitivă, la un moment dat tiratronul se aprinde. În momentul aprinderii tiratronului T_2 potențialul anodic al lui scade la potențialul de arc și condensatorul C_4 transmite anodei tiratronului T_1 un potențial negativ, stingîndu-l. Din acest moment condensatorul C_1 se descarcă prin circuitul anodic al tiratronului T_2 pe rezistența R_1, de la potențialul negativ al sursei (neglijînd căderile de tensiune anodică și de grilă) la cel pozitiv, iar condensatoarele C_2 și C_4 se încarcă prin r_1 și L_1. Tiratronul T_1 avînd după încărcarea condensatorului C_4, tensiunea anodică egală cu tensiunea sursei în momentul cînd tensiunea la bornele condensatorului C_1 a atins tensiunea lui de aprindere, (corespunzătoare tensiunii anodice U_0), se aprinde. Procesul continuă prin stingerea tiratronului T_2, în momentul aprinderii tiratronului T_1 de către condensatorul C_4, care în acest moment creează la anoda tiratronului T_2 un potențial negativ un timp suficient stingerii acestuia. În timpul cît tiratronul T_1 conduce, C_1 și C_4 se încarcă prin r_2 și L_2, iar C_2 se descarcă de la tensiunea $-U_0$ la $+U_0$, prin rezistența R_2. În momentul cînd tensiunea acestui condensator a atins tensiunea de aprindere a tiratronului, tiratronul T_2 se aprinde stingîndu-se tiratronul T_1, datorită, după cum s-a văzut, creării unui potențial negativ la anoda lui.

Procesul descris mai sus continuă periodic, perioada fiind dată de descărcarea condensatoarelor C_1 și C_2.

Elementele r_1, L_1 și r_2, L_2 reprezintă rezistențele, respectiv inductanțele bobinelor releului de curent continuu și a numărătorului de cicluri de conectare. Elementele r_1 și L_1 pot fi însă și parametrii bobinelor electromagneților de acționare ai aparatelor de încercat, dacă alimentarea lor se face în curent continuu.

2. Calculul elementelor principale din scheme

2.1. *Calculul capacității C.* Condiția necesară, dar nu și suficientă, pentru funcționarea dispozitivului din fig. 1, este ca β [5] să fie imaginar, din care condiție rezultă valoarea limită a capacității C:

$$C \leqslant \frac{4L}{r^2}. \tag{1}$$

Condiția necesară și suficientă pentru funcționarea dispozitivului este ca descărcarea condensatorului C să se facă într-un regim oscilant amortizat cu amplitudinea semiperioadei a doua, negativă, mai mare decît curentul anodic dat de sursă.

2.2. *Calculul rezistențelor* R_1 și R_2 din fig. 1. Rezistența R_1 se alege egală cu 0,1 R_2, iar suma rezistențelor R_1 și R_2 se determină din perioada impulsurilor generate (a.4)*

$$R_2 = \frac{1}{1{,}1} \frac{t}{C \ln \dfrac{a - 0{,}0091}{a + \dfrac{U_{g0}}{U_0}}} \tag{2}$$

2.3. *Calculul rezistențelor* R_1, R_2 din fig. 2. Acestea se calculează din formulele (a.6), (a.7):

$$R_1 = \frac{t_1}{C_1 + C_3} \cdot \frac{1}{\ln \dfrac{2(U_0 - \Delta U_a)}{U_0 - U_{ga}}} \tag{3}$$

$$R_2 = \frac{t_2}{C_2} \cdot \frac{1}{\ln \dfrac{2\,(U_0 - \Delta U_a)}{U_0 - U_{ga}}} \tag{4}$$

3. Aplicații

3.1. *Calculul elementelor generatorului de impulsuri periodice.* Parametrii tipului de releu

* Vezi anexa.

folosit la ambele dispozitive au valorile $L = 45$ H și $r = 2{,}15$ KΩ. Cu acești parametri valoarea capacității C dată de formula (1) este $C = 39$ μF; se alege $C = 10$ μF. Pentru calculul rezistențelor R_1 și R_2 este necesar să se cunoască perioada dispozitivului. Dispozitivul a fost proiectat pentru perioadele 6, 3 și 1, 2 s, corespunzătoare ciclurilor de conectare de 600, 1 200 și 3 000 conectări pe oră. Rezistența R_2, aparținînd generatorului de impulsuri periodice, este dată de formula (2), în care introducînd valorile inductanței L și respectiv rezistenței r și valorile $a = -0{,}004$, $U_{g0} = -1$ V, $U_0 = 200$ V, corespunzătoare tiratroanelor folosite, TG3 – 0,1/1,3, se obține: $R_2 = 3{,}85$ t.10^4 Ω.

Rezultatele calculului sînt trecute în tabela 1.

Tabela 1

t[s]	6	3	1,2
R_1 [kΩ]	23	11,5	4,6
R_2 [k Ω]	230	115	46

Tabela 2

T[s]	6				3				1,2			
D_A[%]	25	40	60	75	25	40	60	75	25	40	60	75
t_1 [s]	1,5	2,4			0,75	1,2			0,30	0,48		
t_2 [s]			3,6	4,5			1,8	2,25			0,72	0,90
R_1 (MΩ)	4,8	7,6			2,4	3,8			1	1,5		
R_2 [MΩ]			10,6	14,6			5,8	7,3			2,3	2,9

3.2 *Calculul elementelor releului basculant.* Releul basculant a fost calculat pentru ciclurile

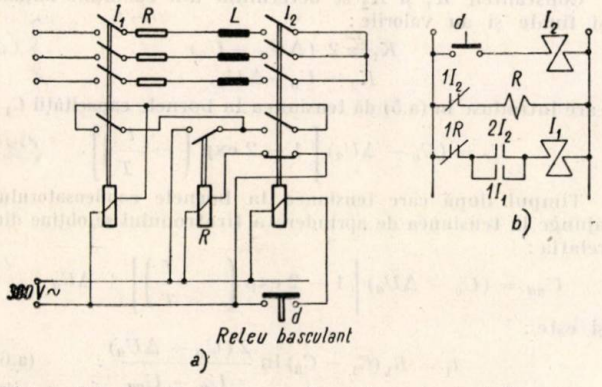


Fig. 3. Schema de încercare la sudura contactelor aparatelor de comutație:
a — schema de principiu; *b* — schema desfășurată.

de conectare de 600, 1 200 și 3 000 conectări pe oră, cicluri cărora le corespund perioadele 6, 3 și 1,2 s. Duratele relative de conectare obținute sînt: 25, 40, 60 și 75%. Rezultatele calculului sînt trecute în tabela 2

$$R_1 = t_1\ 3{,}22\ \text{MΩ}; \quad R_2 = 3{,}22\ t_2\ \text{MΩ}$$

3.3. *Generatorul de impulsuri periodice* (fig. 4) are forma unei cutii paralelipipedice, care are pe panoul frontal două întreruptoare, un comutator pachet pentru comutarea rezistențelor R_1 și R_2, un bec de semnalizare și o siguranță. Bornele de alimentare precum și bornele corespunzătoare contactelor auxiliare ale releului, sînt în spatele aparatului.

3.4. *Releul basculant* are forma unei cutii care are pe partea frontală două întreruptoare, un comutator, o siguranță, un bec de semnalizare și un numărător de cicluri (fig. 5). Bornele de alimentare și bornele contactelor auxiliare ale releului se află în spatele cutiei, cone-

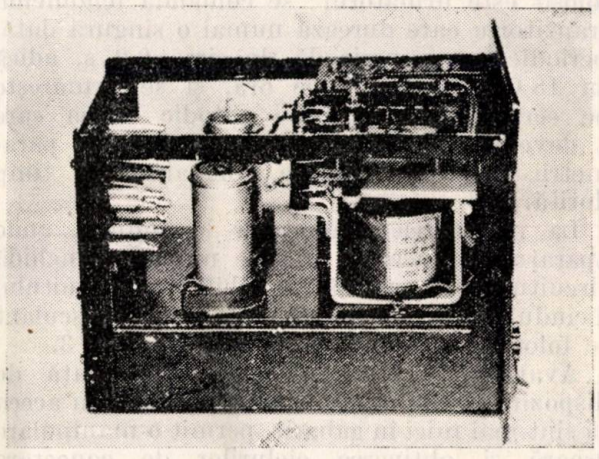


Fig. 4. Generatorul de impulsuri periodice.

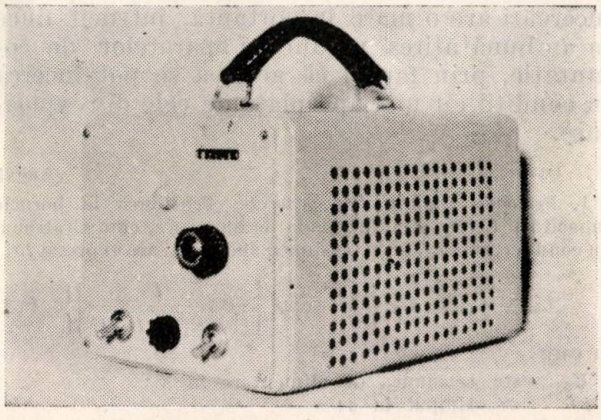


Fig. 5. Releul basculant.

xiunea la ele făcîndu-se cu banane. Comutatorul servește la schimbarea ciclului de conectare și a duratei relative de conectare.

4. Rezultate

Generatorul de impulsuri periodice a fost folosit în prima fază la determinarea duratei de viață mecanică a releelor de curent continuu. Folosirea generatorului de impulsuri periodice este indicată la determinarea duratei de viață mecanică a aparatelor de comutație, în care caz durata relativă de conectare nu are importanță. Cu acest aparat nu poate fi obținută o durată relativă de conectare reglabilă, ci una fixă de circa 10%.

Releul basculant s-a folosit la determinarea uzurii aparatelor de comutație și la reglarea constantelor de timp a unor fenomene tranzitorii cu ajutorul oscilografului catodic, fără a mai fi nevoie de înregistrarea acestora cu oscilograful cu bucle, metodă care ar fi necesitat mult timp și consum de film. Procedeul folosit este următorul: se comandă fenomenul tranzitoriu care durează numai o singură dată, periodic, cu o perioadă de circa 0,2 s, adică cu 18 000 conectări pe oră, și se urmărește pe ecranul oscilografului catodic curba care a devenit astfel statică, modificîndu-se parametrii pentru a obține constanta de timp dorită.

La încercarea contactelor la sudură, unde aparatul de încercat trebuie numai să închidă circuitul sub sarcină, deschiderea circuitului făcîndu-se de alt aparat [2], releul basculant se folosește comandînd schema din fig. 3.

Avantajele dispozitivelor descrise față de dispozitivele cu disc cu motor constau în aceea că sînt mai mici în gabarit, permit o manipulare ușoară și obținerea ciclurilor de conectare între 300 și 3 000 conectări pe oră, cu duratele relative de conectare de 25, 40, 60 și 75% prin simpla comutare a unor rezistențe chimice cu un comutator și consumă energie de circa 10 ori mai puțină decît motoarele cu disc.

Utilizarea acestor aparate în laborator pentru încercări are o mare importanță, întrucît duce la îmbunătățirea producției aparatelor de comutație, prin faptul că acestea se pot încerca în condiții cît mai apropiate de cele din exploatare.

Anexă

1. *Perioada impulsurilor generate.* Tensiunea la bornele capacității C (fig. 1) în perioada de încărcare, cînd tiratronul nu conduce, este egală cu tensiunea anodică și are expresia [5]:

$$U_a = U_{bc} = U_0 \left\{ 1 - \exp \left[- \frac{t}{(R_1 + R_2)\, C} \right] \right\} \qquad \text{(a.1)}$$

în care:

U_0 este tensiunea de alimentare în V;
t — timpul în s;
R_1, R_2 — rezistențele de încărcare în Ω;
C — condensatorul de sarcină în F.

Tensiunea de grilă este egală cu căderea de tensiune pe rezistența R_1 și este dată de produsul dintre curentul de încărcare al condensatorului C și R_1:

$$U_g = - \frac{R_1}{R_1 + R_2}\, U_0 \exp \left[- \frac{t}{(R_1 + R_2) C} \right] \qquad \text{(a.2)}$$

Caracteristica de aprindere a unui tiratron este dată cu suficientă aproximație de ecuația dreptei (se consideră caracteristica de aprindere o linie care reprezintă media suprafeței):

$$U_a = \frac{U_g - U_{g0}}{a}, \qquad \text{(a.3)}$$

în care:

U_{g0} este tensiunea rezultată din intersecția dreptei de aprindere cu axa absciselor, în V;
a — coeficient care determină panta dreptei rezultat din caracteristica de aprindere.

Înlocuind tensiunea anodică și de grilă din (a.1) și respectiv (a.2) în (a.3), după o serie de transformări găsim perioada impulsurilor generate:

$$t = C (R_1 + R_2) \ln \frac{a - \dfrac{R_1}{R_1 + R_2}}{a + \dfrac{U_{g0}}{U_0}}. \qquad \text{(a.4)}$$

2. *Perioada releului basculant.* Este dată de descărcarea condensatoarelor C_1 și C_2. Descărcarea condensatorului C_1 se face prin circuitul anodic al tiratronului T_2 și rezistența R_1 șuntată de capacitatea C_3. Aplicînd teoremele lui Kirchhoff, obținem ecuațiile:

$$R_1 i_1 = \frac{1}{C_3} \int i_2 \, dt \qquad \text{(a.8)}$$

$$R_1 i_1 + \frac{1}{C_1} \int i \, dt = U_0 - \Delta U_a \qquad \text{(a.9)}$$

$$i_1 + i_2 = i. \qquad \text{(a.10)}$$

Rezolvînd sistemul se găsește ecuația:

$$R_1 (C_1 + C_3) \frac{d\, U_c}{dt} + U_c = U_0 - \Delta U_a, \qquad \text{(a.11)}$$

a cărei soluție este:

$$U_c = K_1 \exp \left(- \frac{t}{T} \right) + K_2, \qquad \text{(a.5)}$$

în care T este constanta de timp, $T = R_1 (C_1 + C_3)$, în s.

Constantele K_1 și K_2 se determină din condițiile inițiale și finale și au valorile:

$$K_1 = 2 \ (\Delta U_a - U_0)$$
$$K_2 = U_0 - \Delta U_a, \qquad \text{(a.12)}$$

care introduse în (a.5) dă tensiunea la bornele capacității C_1:

$$U_c = (U_0 - \Delta U_a) \left[1 - 2 \exp \left(- \frac{t}{T} \right) \right]. \qquad \text{(a.13)}$$

Timpul după care tensiunea la bornele condensatorului ajunge la tensiunea de aprindere a tiratronului se obține din relația:

$$U_{ga} = (U_0 - \Delta U_a) \left[1 - 2 \exp \left(- \frac{t}{T} \right) \right] + \Delta U_a \qquad \text{(a.14)}$$

și este:

$$t_1 = R_1 (C_1 + C_3) \ln \frac{2 (U_0 - \Delta U_a)}{U_0 - U_{ga}}. \qquad \text{(a.6)}$$

Timpul de descărcare al condensatorului C_2 se obține din (a.6), în care $C_3 = 0$ și $T_1 = T_2 = R_2 C_2$, în s:

$$t_2 = R_2 C_2 \ln \frac{2 (U_0 - \Delta U_a)}{U_0 - U_{ga}} \qquad \text{(a.7)}$$

Bibliografie

[1] *Tereza G. P.*: Stațiile de încercare ale aparatajului de joasă tensiune la fabricile producătoare. E.E.S. 1953.

[2] * * * Regeln für Schaltgeräte bis 1 000 V Wechselspanung und 3 000 V Gleichspanung. V.D.E. 0660/12.952.

[3] *Kretzmann R.*: Handbuch der Industriellen Elektronik Berlin. Verlag f. R—F—K—. Berlin, 1954.

[4] *Bonci-Breuvici A. M.*: Folosirea tuburilor electronice în fizica experimentală. Editura Tehnică, București, 1958.

[5] *Rüdenberg R.*: Fenomene tranzitorii în sistemele electromagnetice. Editura Tehnică, 1959.

Intrat în redacție la 8 aprilie 1960.

Miezuri magnetice din ferite pentru aplicaţii în radiotehnică, automatică şi telecomunicaţii

(Ferite cu ciclu de histerezis dreptunghiular)

Vasile Ivaşcu, Mihai Rozemberg, Valentin Tanach şi Lucia Cîrlan* — Bucureşti

Automatizarea proceselor de producţie este una dintre sarcinile însemnate ale industriei noastre socialiste. Un rol important în instalaţiile şi dispozitivele de automatizare îl joacă elementele statice semiconductoare cu miezuri magnetice din ferite.

Se prezintă rezultatele unor cercetări efectuate la ICET privind realizarea materialelor magnetice oxidice (ferite) cu ciclu de histerezis dreptunghiular care intră în componenţa maşinilor de calcul electronice, centralelor telefonice electronice automate, dispozitivelor telecomandă şi altor instalaţii de automatizare.

CZ 621.318.134 : 538.23

1. Introducere

Circuitele de memorie şi de comutare din calculatorii digitali sau din instalaţiile de telecomandă şi de telefonie automată, constituie domenii de aplicaţie dintre cele mai recente şi cu mari perspective ale miezurilor de ferită cu ciclu de histerezis dreptunghiular. Aceste aplicaţii presupun folosirea unor impulsuri de ordinul microsecundelor pentru transmiterea, înmagazinarea şi citirea informaţiilor exprimate într-un cod binar.

Feritele cu ciclu de histerezis dreptunghiular se caracterizează printr-o dependenţă $B-H$ puternic neliniară, astfel, încît trecerea de la o stare de magnetizare la alta se face pentru o valoare determinată a cîmpului egală cu forţa coercitivă (fig. 1) [1], [2].

Prezenţa magnetizării remanente pozitive poate fi identificată într-un cod binar cu starea 1, iar cea a magnetizării negative, cu starea 0. Fiind magnetizat într-un cîmp de un anumit sens, miezul îşi conservă magnetizarea remanentă multă vreme după ce cîmpul a încetat să mai acţioneze. Se poate deci spune că miezul a „ „memorizat" o cifră din sistemul binar (de pildă cifra 1).

Schimbînd polaritatea cîmpului magnetic, magnetizarea miezului se va inversa şi la încetarea cîmpului, starea de magnetizare remanentă va fi inversă celei dintîi. Semnalul care poate fi înregistrat, în urma inversării, poate servi ca indicator al stării precedente, corespunzînd operaţiei de citire a cifrei 1 memorizate de miez.

Actualmente se produc miezuri din ferită de mangan-magneziu cu un coeficient ridicat de rectangularitate. Miezurile de ferită au mai multe avantaje. Ele pot fi realizate în forma unor inele subţiri, cu diametrul pînă la 1 mm, cu ajutorul preselor automate. Costul materiei prime este scăzut. Miezurile de ferită sînt chimic şi mecanic stabile şi practic indestructibile.

Dintre aplicaţiile cele mai importante ale feritelor cu ciclu rectangular se enumeră astăzi miezurile pentru circuite de memorizare prin coincidenţă şi miezurile de comutare în telecomandă.

Miezurile pentru circuite de memorizare prin coincidenţă sau miezurile de memorie, după cum le vom numi pe scurt de aici înainte, sînt aşezate în dispozitivele în care sînt utilizate în nodurile unei reţele matriciale, fiind străbătute de conductoare orizontale şi verticale. Pentru memorizarea unei date, o anumită ferită din reţea este acţionată. În schema cea mai simplă se trece prin conductorul orizontal şi vertical, care se intersectează în punctul în care se află miezul ce trebuie acţionat, un impuls de curent egal cu 1/2 din valoarea curentului, produce trecerea

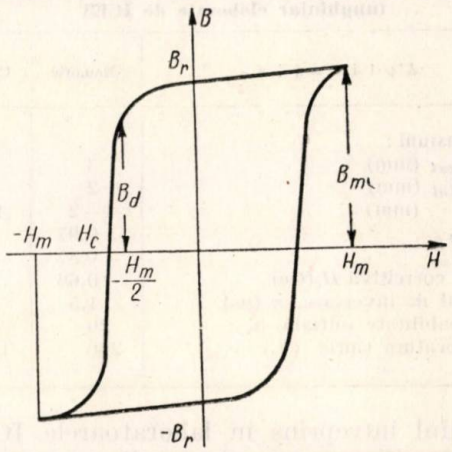


Fig. 1. Forma curbei $B = f(H)$ pentru feritele cu ciclu de histerezis dreptunghiular.

feritei de la o stare magnetică la cea opusă, adică inversarea sau bascularea ei. Miezurile care sînt străbătute de cele două conductoare, orizontal şi vertical, şi care nu se află la intersecţia acestora, nu îşi vor schimba starea de magnetizare dacă ciclul de histerezis este rectangular, în timp ce miezul aflat la intersecţie

* Ing. *V. Ivaşcu* este şef de laborator la ICET; cand. în ştiinţe M. Rozemberg este conferenţiar la Universitatea *C. I. Parhon*; Ing. *V. Tanach* este cercetător la ICET; ing. *L. Cîrlan* este cercetător principal la ICET.

va fi inversat. Pe baza acestor considerente funcționale, miezurile de memorie trebuie să prezinte o astfel de caracteristică de magnetizare, încît inducția magnetică $B\left(-\frac{1}{2}H_m\right)$ la o intensitate a cîmpului magnetic egală cu $-\frac{1}{2}$ H_m (H_m fiind cîmpul necesar basculării feritei) să nu fie mult inferioară inducției B_m, corespunzătoare cîmpului H_m, sau coeficientul de rectangularitate:

$$R_s = \frac{B\left(-\frac{1}{2}H_m\right)}{B_m},$$

să fie apropiat de unitate.

Miezurile de comutare sînt utilizate în circuite cu caracter de releu, cu două stări stabile, deschis-închis. Miezul, situat magnetic la remanență, poate fi acționat de un impuls, fie în sensul de inversare a magnetizării, fie în sensul în care a fost magnetizat inițial. Raportul între semnalele obținute la înfășurarea de ieșire în cele două cazuri trebuie să fie cît mai mare, primul semnal fiind util și al doilea fals. Pentru ca semnalul fals să fie cît mai mic, rezultă că raportul B_r/B_m trebuie să fie cît mai apropiat de unitate.

Lucrările de cercetare efectuate în ICET asupra sistemelor de ferite de Mn—Mg și Mn—Mg—Zn au condus la elaborarea unor tipuri de miezuri de memorie și de comutare cu caracteristici corespunzătoare celor două domenii de utilizare (tabela 1).

Tabela 1

Caracteristicile miezurilor cu ciclu de histerezis dreptunghiular elaborate de ICET

Aplicația	Memorie	Comutare
Dimensiuni:		
d_{ext} (mm)	3	8
d_{int} (mm)	2	6
h (mm)	1—2	1—2
B_r/B_m	0,97	0,9
R_s	0,87	—
Forța coercitivă H_c(Oe)	0,66	0,2
Timpul de inversare, τ (μs)	1,5	5
Permeabilitate inițială, μ_i	20	65
Temperatura Curie (°C)	280	150

Studiul întreprins în laboratoarele ICET a permis verificarea experimentală a unora dintre rezultatele teoretice stabilite anterior pentru interpretarea proceselor fizice care se petrec în condițiile de funcționare a miezurilor magnetice cu ciclu de histerizis dreptunghiular.

2. Considerații teoretice

Explicarea proprietăților feritelor cu ciclu de histerezis dreptunghiular a fost dată de J. Goodenough [3]. Se presupune că într-un material feromagnetic policristalin, magnetizat în prealabil la saturație, apar, în urma reducerii cîmpului, distribuții de sarcini magnetice pe suprafețele ce limitează cristalele pentru care direcțiile axelor cristaline sînt diferite. Se poate arăta că energetic poate fi însă mai favorabilă apariția unei structuri cu domenii magnetizate în sens invers mărginite de pereți Bloch, care se pot apoi deplasa sub acțiunea cîmpului magnetic invers. Intensitatea cîmpului magnetic pentru care pot apare domeniile inverse (denumite și germeni de demagnetizare) poartă denumirea de cîmp de nucleare (H_n), iar intensitatea cîmpului pentru care pereții se pun în mișcare ireversibilă (germenii pot crește nelimitat) se numește cîmp start (H_w). Se convine ca aceste două mărimi să fie considerate pozitive dacă corespund sensului magnetizării domeniilor inverse (vor fi situate pe ramura negativă a axei H).

Condiția principală care asigură o inducție remanentă mare este ca valorile cîmpurilor start și de nucleare să fie pozitive și să nu mai existe și alte procese prin care să apară germeni de magnetizare inversă (ca domenii de închidere din regiunile superficiale, din jurul porilor sau incluziunilor ș.a.).

Condiția care asigură o cît mai bună rectangularitate a flancurilor ciclului de histerezis este ca valorile cîmpurilor de nucleare și start să fie cît mai apropiate.

Din teorie rezultă că valoarea pozitivă a cîmpului de nucleare se poate obține numai prin satisfacerea inegalității:

$$d_p J_s^2 (\cos\theta_1 - \cos\theta_2)^2 < 60\,\sigma_w$$

unde:

d_p este diametrul mediu al germenilor de inversare;

J_s — intensitatea de magnetizare la saturație;

$\cos\theta_1 - \cos\theta_2$ — media diferențelor dintre cosinusurile unghiurilor ce dau orientarea axelor cristaline ale perechilor de cristale vecine, calculată pe întreg cristalul pentru o distribuție dată;

σ_w — densitatea energiei superficiale a unui perete Bloch.

În cazul în care energia magnetoelastică este neglijabilă față de energia anizotropiei magnetocristaline, avem:

$$\sigma_w = 2\left[\frac{AK}{a}\right]^{1/2}$$

unde:

A este integrala de schimb;

a — constanta rețelei cristaline;

K — constanta anizotropiei magnetocristaline.

Folosind expresia cîmpului start, în cazul în care putem neglija contribuția incluziunilor și precipitatelor lamelare, avem:

$$H_w = \frac{\sigma_w}{2 J_s d_p}$$

și rezultă că ciclul rectangular se va obține numai la materialele care:

$$H_w > \frac{J_s (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)^2}{120}.$$

Cum la ferite J_s are valori destul de scăzute, se vede că se pot obține cicluri de histerezis rectangulare cu forță coercitivă mică și fără a fi necesară o orientare a cristalelor sau crearea unei texturi magnetice anizotrope sub acționarea tensiunilor elastice, ca în cazul materialelor feromagnetice metalice.

Din studiul dinamicii procesului de inversare a magnetizării se găsește expresia timpului de inversare:

$$\tau = \frac{\beta d}{2(H_m - H_0) J_s}$$

unde:

- β este factorul de amortizare a mișcării pereților Bloch;
- H_m — intensitatea cîmpului magnetic maxim de acționare;
- H_0 — intensitatea cîmpului magnetic pentru care viteza de deplasare a pereților este nulă;
- d — distanța pe care o parcurge un perete în mișcare pînă se întîlnește cu un perete similar.

În cazul feritelor pentru memorie se lucrează cu un cîmp de acționare H_m astfel ca:

$$H_m - H_0 \approx H_c,$$

unde H_c este forța coercitivă a miezului și se poate introduce un factor de inversare

$$S_w = \frac{\beta d}{2 J_s} \approx \tau \cdot H_c,$$

ce servește la caracterizarea miezului, acesta fiind cu atît mai bun cu cît este mai scăzut factorul de inversare.

Rezultatele teoriei permit să se stabilească asupra căror factori trebuie acționat pentru a obține miezuri din ferite cu ciclu de histerezis rectangular pentru diferitele domenii de aplicație.

Astfel, pentru obținerea unui raport ridicat B_r/B_m și în același timp a unei forțe coercitive relativ reduse, trebuie ca ferita să fie densă, omogenă, cu o singură fază, recoaptă.

După eliminarea neomogenității și incluziunilor (porozitate) sau a precipitatelor, controlul forței coercitive se poate face, fie prin alegerea compoziției, fie prin procedeele de preparare.

În cazul miezurilor de memorie se pretinde o rectangularitate mare R_s și un timp de inversare τ redus. În aceste condiții se poate alege o ferită cu o constantă de anizotropie magnetocristalină K, mai ridicată, ceea ce asigură o valoare pentru $H_n > 0$ și apropiată de H_c. Forța coercitivă va avea și ea o valoare mai ridicată, ceea ce permite aplicarea unor cîmpuri de acționare H_m mai mari, micșorîndu-se timpul de inversare τ.

În cazul miezurilor de comutare, se cere un raport B_r/B_m mare și o forță coercitivă H_c redusă. Se poate alege în acest caz un material cu o valoare mai redusă pentru K, însă care să asigure în tot cazul $H_n > 0$, dar o forță coercitivă mai scăzută.

Prin procedeele de preparare se poate realiza o granulație mai mare sau mai mică, în funcție de temperatura și durata tratamentului termic, ceea ce influențează atît valoarea cîmpului de nucleare a domeniilor inverse H_n, cît și forța coercitivă H_c. În cazul miezurilor de memorie, dimensiunea medie a particulelor d_p va fi mai redusă decît în cazul miezurilor de comutare (pentru același material utilizat).

Feritele cu ciclu de histerezis rectangular, care au găsit cele mai extinse aplicații ca miezuri de memorie și comutare sînt cele din sistemul Fe_2O_3—MnO—MgO [4], pentru compozițiile în care cele trei componente se găsesc în domeniul:

Fe_2O	30—50 procente molare
MnO	10—50 procente molare
MgO	10—50 procente molare

Se constată prezența în exces a Fe_2O_3 sau MgO care poate produce o înrăutățire a proprietăților. Probabil că în ambele cazuri se formează faze insolubile care acționează ca precipitate lamelare (α—Fe_2O_3) sau incluziuni de diferite forme (MgO), care cresc forța coercitivă și reduc gradul de rectangularitate.

Un conținut relativ mare de oxid de mangan creează un material cu intensitate de magnetizare la saturație ridicată, rectangularitate mai scăzută și forță coercitivă mai mică (K mic și J_s mare), deci un timp mai lung de inversare, pe cînd un conținut mare de oxid de magneziu creează un material cu J_s mai redus, rectangularitate mai mare și forță coercitivă mai mare (K mare și J_s mic) deci τ mai mic.

Prin substituirea parțială a MgO prin ZnO se poate obține scăderea constantei anizotropiei cristaline și creșterea magnetizării de saturație J_s, avînd ca urmare creșterea inducției magnetice, a permeabilității inițiale și a timpului de inversare și o scădere a forței coercitive. În același timp însă scade și temperatura Curie a feritelor [5], [6].

Un rol deosebit de important în prepararea miezurilor de ferită cu ciclu rectangular îl

joacă tratamentul termic, respectiv temperatura, durata și atmosfera în care se efectuează acest tratament.

Pentru miezuri de memorie se indică numai [7] un tratament în aer între 1200 și 1400°C și o recoacere ulterioară în azot la 1100°C, timp de o oră.

O problemă însemnată la tratamentul termic este evitarea trecerii Mg la faze superioare

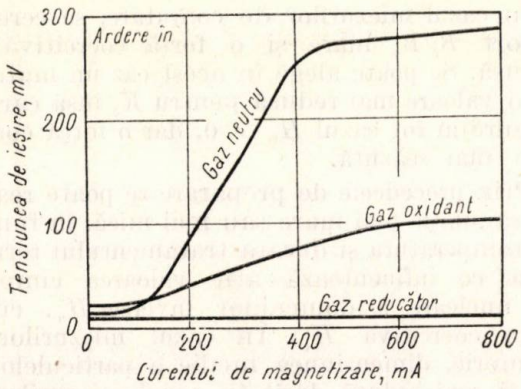


Fig. 2. Variația tensiunii de ieșire a unor miezuri în funcție de impulsul curentului de intrare pentru diferite condiții de tratament termic.

de oxidare, ceea ce înrăutățește considerabil proprietățile miezurilor. Deoarece acest proces se poate produce în timpul răcirii lente, este indicată uneori răcirea lentă în atmosferă protectoare sau în vid, mai mult sau mai puțin avansat.

Importanța atmosferei controlate crește pe măsură ce dimensiunile miezurilor devin mai mici. La un miez de memorie cu diametrul exterior de 2 mm, cel interior de 1,3 mm și înălțimea de 0,6 mm, raportul dintre volum și suprafață este de numai 0,01 cm.

În aceste condiții schimbul de oxigen între piesă și atmosferă se produce foarte ușor, ceea ce influențează considerabil asupra proprietăților piesei. Figura 2 prezintă variația tensiunii de ieșire a unor miezuri de acest gen, în funcție de impulsul de curent de intrare, pentru diferite condiții de tratament termic.

3. Procedeul experimental

3.1. *Prepararea feritelor*

S-au preparat trei compoziții:

HA — cu raportul $\frac{MnO}{MgO} = \frac{1}{2}$

H — cu raportul $\frac{MnO}{MgO} = \frac{8}{3}$

V — în care s-a înlocuit într-o compoziție apropiată de HA 50% din MgO cu ZnO.

Materiile prime utilizate au fost materiale tehnice, existente în comerț. Granulația materiilor prime era de ordinul 1μ.

Prepararea pieselor s-a desfășurat după procedeele obișnuite de preparare a feritelor și anume dozare, amestecare umedă, filtrare, uscare, presinterizare, măcinare. S-au presat piese în formă toroidală de dimensiunile arătate în tabela 2.

Tabela 2

Dimesiunile pieselor presate

Tip	d_{ext}	d_{int}	h	Pentru compoziția
I	48	36	10	H, HA, V
II	12	8	3	H, HA, V
III	3,5	1,5	2	HA
IV	3,5	2,5	2	HA

Tratamentul termic final s-a efectuat în aer, într-un cuptor electric cameră cu silite pentru 1350°C. Tratamentele au avut loc la temperaturi variabile între 1250 și 1350°C și paliere variabile între 2 și 10 ore.

Răcirea aplicată a fost de două feluri, rapidă, cu scoaterea pieselor brusc din cuptor după terminarea palierului și lentă, lăsînd piesele să se răcească împreună cu cuptorul.

Figura 3 prezintă diagramele de tratament.

3.2. *Măsurători*

În mod curent, asupra pieselor s-au efectuat următoarele măsurători: dimensiuni; densitate; ciclu de histerezis.

În plus, s-au efectuat măsurători speciale ale următoarelor mărimi: permeabilitate inițială, timp de inversare, variația ciclului de histerezis cu temperatura.

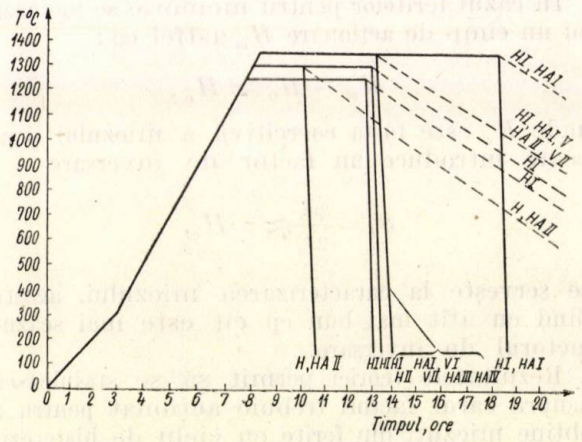


Fig. 3. Diagrama tratamentelor termice.

Ciclul de histerezis s-a determinat, fie în regim cvasi static, pe osilograf la frecvența de 50 Hz, fie static într-un circuit balistic.

Trasarea ciclului de histerezis pe osilograf s-a realizat, fie printr-un montaj integrator RC (fig. 4) obișnuit, pentru miezurile de

tip I, fie printr-un montaj cu amplificator electronic integrator, a cărui schemă se prezintă în figura 5 pentru miezurile de tip II—IV.

Acest amplificator construit la ICET permite corecția fină de fază, atît pe orizontală cît și pe verticală, și permite ridicarea curbelor de

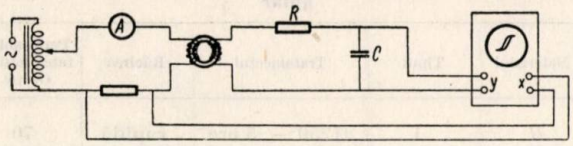


Fig. 4. Schema montajului integrator RC.

histerezis chiar la piese mici, ca cele de tipul III—IV.

Timpul de inversare s-a măsurat cu un sincroscop și un generator de impulsuri de curent rectangulare (execuție ICET), cu amplitudine reglabilă continuă de la 30—300 mA, durata impulsului fiind 35—40μs și frontul impulsului de circa 0,3μs. Generatorul de impulsuri este executat cu tuburi electronice de tipul 6N7 și 6N5C prezentînd o impedanță internă suficient de mare pentru ca reacția feritei asupra formei curentului să poată fi neglijată. S-a bobinat miezul de ferită cu trei înfășurări, două pentru intrare și una pentru ieșire. Înfășurările de intrare s-au alcătuit astfel, încît cîmpurile de acționare să fie opuse. Tensiunea de ieșire s-a aplicat direct sincroscopului și s-a vizualizat curba tensiunii de impuls obținută prin inversarea feritei. Cu ajutorul marcajului de timp al sincroscopului se determină numărul de microsecunde de la începerea inversării pînă la terminarea ei. Precizia măsurătorii este de circa 10—15%, făcîndu-se abstracție de capacitățile parazite.

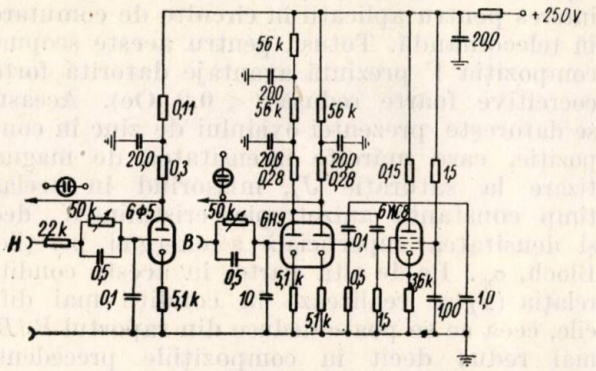


Fig. 5. Schema montajului cu amplificator electronic integrator.

Rezultatele obținute și discuția lor

În figura 6 se prezintă variația raportului B_r/B_m și în figura 7 variația raportului R_s pentru unele miezuri caracteristice în funcție de intensitatea cîmpului magnetic aplicat.

Figura 8 reprezintă variația raportului B_r/B_m și a forței coercitive H_c în funcție de temperatură pentru miezuri de tipul H (I) tratate la 1350°C timp de 5 ore, cu răcire rapidă, iar figura 9 pentru miezuri de tip V (II) tratate în aceleași condiții.

În tabela 3 se dau permeabilitățile inițiale ale unora dintre tipurile de miezuri de ferită cu ciclu rectangular.

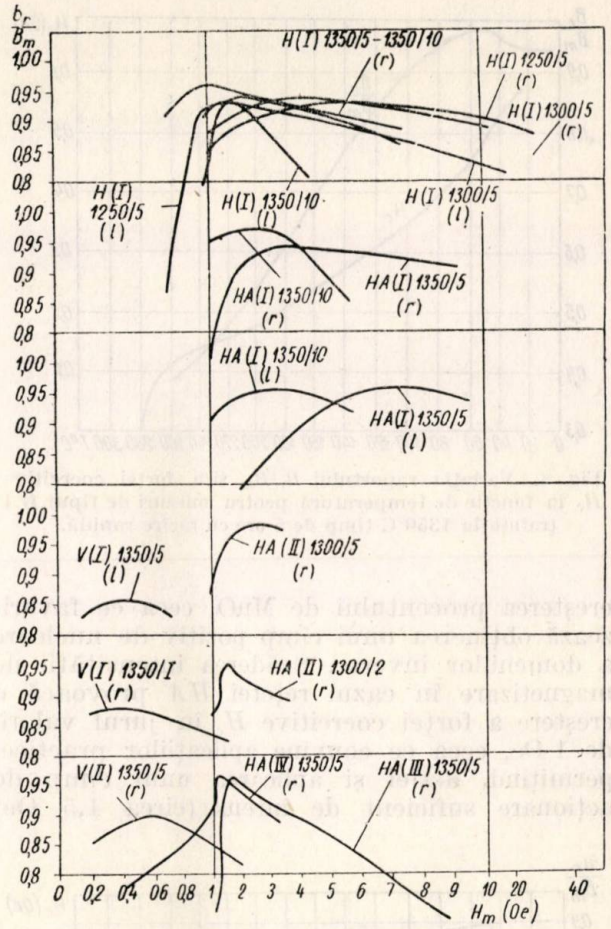


Fig. 6. Variația raportului B_r/B_m în funcție de intensitatea cîmpului magnetic.

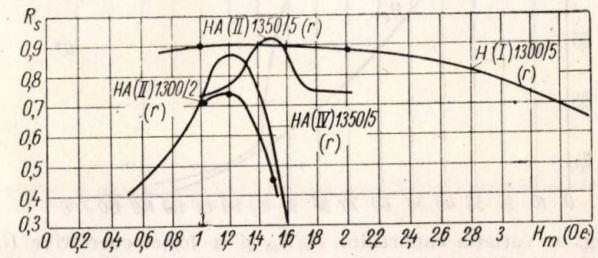


Fig. 7. Variația raportului R_s în funcție de intensitatea cîmpului magnetic aplicat.

Tabela 4 prezintă rezultatele măsurătorilor asupra timpului de inversare al diferitelor tipuri de miezuri de ferită preparate pentru diferite valori ale cîmpului de acționare.

Comparînd rezultatele obținute la compozițiile H și HA se constată o creștere a raportului B_r/B_s și a coeficientului de rectangularitate R_s, trecînd de la prima compoziție la a doua, odată cu creșterea raportului MgO/MnO.

Aceasta se explică prin scăderea intensității de magnetizare la saturație J_s, provocată de

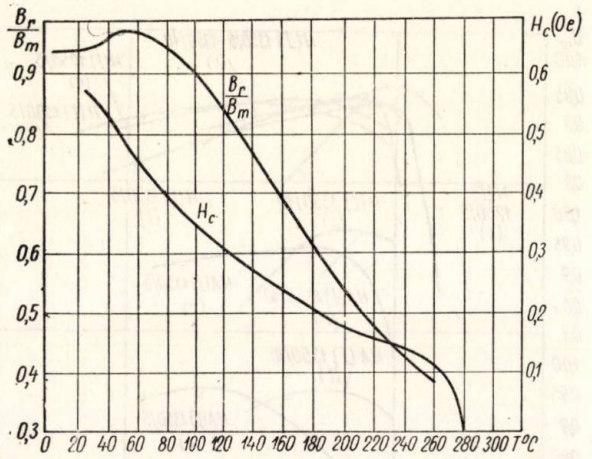


Fig. 8. Variația raportului B_r/B_m și a forței coercitive H_c în funcție de temperatură pentru miezuri de tipul H I tratate la 1350°C timp de 5 ore cu răcire rapidă.

creșterea procentului de MnO, ceea ce favorizează obținerea unui cîmp pozitiv de nucleare a domeniilor inverse. Scăderea intensității de magnetizare în cazul rețetei HA provoacă o creștere a forței coercitive H_c în jurul valorii de 1 Oe, ceea ce convine aplicațiilor practice, permițînd, astfel și aplicarea unui cîmp de acționare suficient de intens (circa 1,5 Oe)

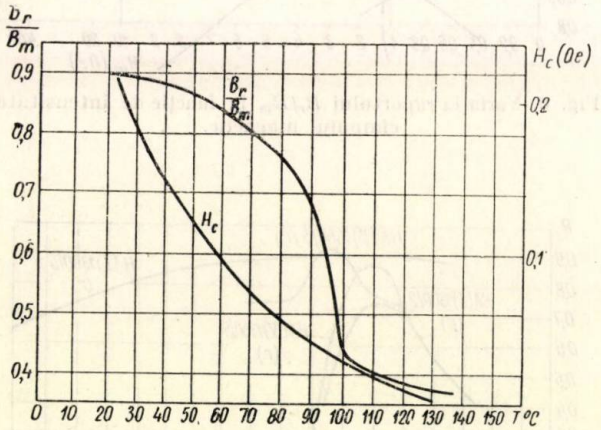


Fig. 9. Variația raportului B_r/B_m și a forței coercitive H_c în funcție de temperatură pentru miezuri de tip V II tratate la 1350°C timp de 5 ore cu răcire rapidă.

necesar pentru a exercita o presiune corespunzătoare asupra pereților domeniilor și a determina un timp scurt de inversare ($\sim 1{,}5\mu s$).

Compoziția HA se evidențiază deci prin performanțele utile circuitelor de memorizare.

Compoziția H, datorită unui coeficient R_s scăzut, nu poate fi aplicată în aceste scopuri. Forța coercitivă mai redusă a acestei compo-

Tabela 3

Permeabilitatea inițială al miezurilor de ferită cu ciclu rectangular

Materialul	Tipul	Tratamentul	Răcirea	Permeabilitatea inițială Gs/Oe
H	I	1250°— 5 ore	rapidă	70
H	I	1250°— 5 ore	lentă	70
H	I	1300°— 5 ore	rapidă	90
H	I	1300°— 5 ore	lentă	90
H	I	1350°— 5 ore	rapidă	130
H	I	1350°—10 ore	rapidă	150
HA	I	1350°— 5 ore	rapidă	20
V	I	1350°— 5 ore	rapidă	65
V	I	1350°— 5 ore	lentă	65

Tabela 4

Timpul de inversare al miezurilor cu ciclu de histerezis dreptunghiular

Miezul	Proba	Tratamentul	Timpul de inversare (μs)		
			$H = 2\,H_c$	$H = 4\,H_c$	$H = 10H_c$
H(II)	131	1350/5(r)	2,3	1,6	1,4
	1312		2,4	1,5	1,3
	1318		2,3	1,7	1,5
HA(IV)	133	1350/5(r)	1,5	1,2	0,9
	1315		1,6	1,1	0,8
	1324		1,6	1,2	0,9
V(II)	135	1350/5(r)	6	4	1,5
	1328		5	4	1,2
	1349		5	4	1,6

ziții (circa 0,5 Oe) în schimb poate prezenta interes pentru aplicații în circuite de comutare, în telecomandă. Totuși, pentru aceste scopuri, compoziția V prezintă avantaje datorită forței coercitive foarte redusă ($< 0{,}2$ Oe). Aceasta se datorește prezenței oxidului de zinc în compoziție, care mărește intensitatea de magnetizare la saturație J_s, micșorînd în același timp constanta anizotropiei cristaline K, deci și densitatea superficială a energiei pereților Bloch, σ_w. Pe de altă parte, în aceste condiții relația (2) se realizează în condiții mai dificile, ceea ce se poate deduce din raportul B_r/B_m mai redus decît în compozițiile precedente (maximum 0,9).

Raportul B_r/B_s este însă suficient de ridicat încă pentru a permite o utilizare în condiții favorabile în circuite de comutare în telecomandă, exploatînd la maximum calitatea principală a acestei compoziții, și anume forța coercitivă redusă.

Creșterea temperaturii și duratei tratamentului termic determină în toate cazurile o creștere a inducției maxime B_m și o scădere a forței coercitive. În ce privește raportul B_r/B_s și

acesta crește, în general, odată cu creșterea temperaturii și duratei tratamentelor. O excepție pare să se prezinte în cazul compoziției *H* (I) cu răcire lentă, unde se constată în cazul unui tratament la 1350°C timp de 10 ore, o oarecare scădere a acestui raport în comparație cu tratamentul la 1350°C timp de 5 ore. Se poate explica aceasta prin creșterea dimensiunii d_p a particulelor, ceea ce micșorează mărimea cîmpului de nucleare H_n. Acest lucru nu se constată la aceeași compoziție și același tratament cu răcire rapidă, deoarece în cazul răcirii lente, creșterea cristalelor continuă după terminarea palierului.

Interesantă este comparația efectelor produse de cele două moduri de răcire. Se constată că, la compoziția *H* (I) răcirea lentă determină o scădere a forței coercitive și o deplasare a maximului raportului B_r/B_s spre valori mai reduse ale intensității cîmpului H_m (fig. 6), în timp ce la compoziția *HA* (I) răcirea lentă determină o creștere a forței coercitive și o deplasare a maximului raportului B_r/B_s spre cîmpuri H_m mai mari. Se poate găsi explicația acestei anomalii prin diferența între gradele de porozitate a probelor respective. Astfel compoziția *HA* cu refractivitate mai mare, datorită conținutului mai ridicat de MgO, are porozitate mai mare (densitate circa 4,3) în timp ce compoziția *H*, cu conținut mai scăzut de MgO, are porozitate mai mică (densitatea circa 4,8). Dacă la compoziția *H*, răcirea lentă permite un timp continuarea procesului de creștere a cristalelor, deci și o scădere a forței coercitive, la compoziția *HA*, datorită porozității mari, se produce oxidarea porilor în timpul răcirii, ceea ce determină creșterea suprafeței interioare de poli liberi și o creștere a forței coercitive.

După cum se constată, caracteristicile miezurilor sînt dependente de dimensiunile lor. Curbele din figura 8 au o alură deosebită și trec prin puncte diferite pentru aceeași compoziție, dacă se schimbă dimensiunile miezului. Cauzele acestor modificări sînt multiple :

a) Răcirea piesei, chiar rapidă fiind, permite oxidarea superficială a ei trecîndu-se prin oxidare de la MnO la Mn_2O_3 sau Mn_3O_4. Acest proces pătrunde cu atît mai mult în adîncime cu cît piesa este mai poroasă și influențează cu atît mai mult caracteristicile miezului, cu cît raportul între suprafața și volumul lui este mai mare.

b) Un rol foarte important îl joacă raportul între diametrul interior și cel exterior al miezului toroidal. Dacă acest raport este mic, vom avea un gradient mare al intensității cîmpului magnetic de-a lungul diametrului, cîmpul scăzînd dinspre interior spre exterior, la același curent de acționare. În acest caz inversarea fluxului nu se va produce simultan în toate regiunile piesei, ci consecutiv. Aceasta conduce la o înclinare a curbei de histerezis în regiunea forței coercitive și la un coeficient de rectangularitate R_s scăzut. Cu cît raportul D_{int}/D_{ext} crește, apropiindu-se de unitate, panta devine mai abruptă și R_s mai mare.

În lumina acestor explicații să analizăm cîteva cazuri concrete :

— Miezurile *V* (II) au o forță coercitivă mai mare decît miezurile *V* (I) tratate în aceleași condiții, datorită porozității acestor miezuri, care din cauza compoziției lor sînt mai refractare (mai puțin MnO, mai mult MgO și în plus ZnO față de compoziția *H*). În miezurile mici, oxidarea în cursul răcirii are loc într-un volum relativ mai mare al piesei, ceea ce conduce la creșterea forței coercitive.

— Miezurile *HA* (III) și *HA* (IV) diferă între ele prin raportul d_{int}/d_{ext}, care este indicat în tabela 5.

Tabela 5

Diametrele miezurilor *HA* (III) și *HA* (IV)

Miezul	d_{ext}, mm	d_{int}, mm	d_{int}/d_{ext}, mm
HA (III)	3	1	0,33
HA (IV)	3	2	0,66

Figura 10 reprezintă ciclurile de histerezis ale celor două tipuri de miezuri tratate în condiții similare (1350°C — 5 ore răcire rapidă).

Se constată că panta ciclului de histerezis în regiunea forței coercitive este mult mai mare la piesele *HA* (IV) cu o valoare mai mare a raportului d_{int}/d_{ext} (explicația b).

Valorile permeabilităților inițiale ale miezurilor realizate (tabela 3) sînt o consecință directă a caracterului compoziției și a tratamentului. Se constată că valoarea lui μ_i scade odată cu creșterea conținutului de MnO de la compoziția *H* la *V* și apoi la *HA*. De asemenea, se remarcă creșterea lui μ, la compoziția *H*, odată cu creșterea temperaturii de tratament sau duratei tratamentului. De asemenea, faptul că μ_i este practic același

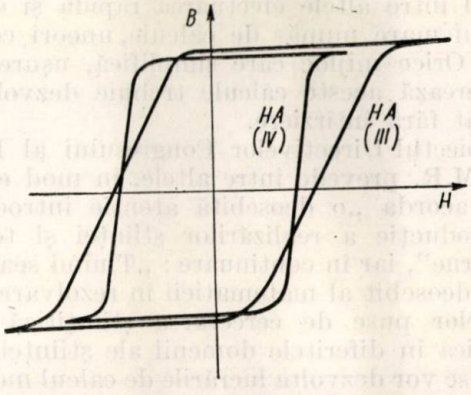


Fig. 10. Cicluri de histerezis pentru miezuri cu raportul d_{int}/d_{ext} diferit.

pentru probe de același tip, răcite lent și rapid, constituie o indicație asupra caracterului rotațional al procesului de magnetizare inițială.

Concluzii

Din cele expuse mai sus se poate trage concluzia că pentru cele două aplicații prevăzute, memorie și comutare, cele mai indicate tipuri de miezuri sînt *HA*, de tip IV, tratat la 1350°C timp de 5 ore cu răcire rapidă și *V* de tip II, tratat la 1350°C timp de 5 ore cu răcire rapidă, avînd performanțele indicate în tabela 1.

Din studiul efectuat rezultă că, în funcție de utilizarea pentru care este destinat miezul cu ciclu dreptunghiular, următorii parametri sînt hotărîtori în obținerea anumitor performanțe : compoziția, forma și dimensiunile miezului, condițiile tratamentului termic. Studiul făcut s-a mărginit numai la unele aspecte ale acestor probleme, el fiind limitat ca extindere și ca adîncime, în special de condițiile tratamentului termic, în care s-a ales varianta tratamentului în aer.

În orice caz, performanțele obținute și reproductibilitatea lor verificată pe un număr mare de probe, asigură posibilitatea aplicațiilor imediate pe o scară întinsă a acestor materiale.

Bibliografie

[1] *Bardij V. V.:* Haracteristiki serdiecinilcov s priamougolnîi petlei histerezisa. Institut tocinoi mehaniki i bîcislitelnoi tehniki A. N. S.S.S.R. M. 1957.

[2] *Matiuhin N. Ia. Rosniţki O. V.* O rabote feritovovo serdecinika b matricinom zapominoiuşci ustroistve, So. „Vîcislitelnaia tehnika" izd.-vo A. N. S.S.S.R. M. 1958.

[3] *Menyuk N., Goodenough J. B.:* Magnetic Materials for Digital-Computer Components I. A. Theory of Flux Reversal in Polycrystaline Ferromagnetics. Journal of Applied Physics, **26** (1955) 1, 8—18.

[4] *Schoenberg A.:* Ferrites for Microwave circuits and Digital Computers. Journal of Applied Physics, **25** (1954) 2, 152—154.

[5] *Wijn H. P. J., Gorter E. W., Esveldt C. J., Geldrmans P.:* Conditions pour l'obtention de ferrites a bande d'hysteresis rectangulaire. Revue Technique Philips **16** (1954) 5, 137—147.

[6] *Braginski A.* Wpływ domieszki cynku na wlasnosci magnetyczne feoritu 0,3 Mg0. Mn Fo_2O_4. Przeglad Telekomunikacyjny **8** (1958) 9, 292—294.

[7] *Goodenough J. B.:* The influence of Chemistry on B/H Soop Shape, Coercity and Flux-Reversal Time in Ferrites. Proceedings IEE, **104** (part B) (1957) 7 (supl.), 400—411.

Intrat în redacție la 25 februarie 1960.

Pentru tînărul inginer

Avantajele utilizării nomogramelor în electrotehnică

Aurel Avramescu* — București

CZ 518.4 :621.3

Introducerea tehnicii avansate presupune implicit ridicarea nivelului tehnic al cadrelor, cerînd între altele efectuarea rapidă și exactă a unui mare număr de calcule, uneori complicate. Orice mijloc care simplifică, ușurează și accelerează aceste calcule trebuie dezvoltat și aplicat fără întîrziere.

Proiectul Directivelor Congresului al III-lea al P.M.R. prevede între altele, în mod expres, a se acorda „o deosebită atenție introducerii în producție a realizărilor științei și tehnicii moderne", iar în continuare : „Ținînd seama de rolul deosebit al matematicii în rezolvarea problemelor puse de cercetarea științifică și de practica în diferitele domenii ale științelor naturii, se vor dezvolta lucrările de calcul mecanic, grafic și statistic, cu aplicații în economia națională".

Nomografia oferă o deosebită simplificare a calculelor analitice cu mai multe variabile prin reducerea lor la simple operații geometrice de fixare a datelor preliminare și de citire a rezultatelor pe scări sau pe rețele gradate [1].

Nomogramele permit calcularea unor formule aditive, multiplicative sau, prin aplicarea logaritmilor, a unor produse de factori ridicați la diferite puteri întregi și fracționare, pozitive sau negative [2].

În multe probleme practice, ca de exemplu la stabilirea și reglarea vitezelor de tăiere ale unui strung sau la controlul unui conductor în funcție de tensiune sînt de evaluat și de calculat des astfel de formule, a căror rezolvare pe cale grafică se face mult mai ușor și mai rapid.

În toate cazurile cînd calculele se repetă des, în locuri diferite și îndepărtate, este cazul a se recurge la nomograme, care permit nu numai obținerea rapidă a unui rezultat, dar și stabilirea imediată a influenței diferiților parametri și variabile asupra rezultatelor, permit modificarea sau inversarea ordinei operațiilor, fără nici o dificultate [3].

Din aplicarea nomogramelor în proiectări, în cercetări și în producție pot rezulta importante economii prin întrebuințarea unor cadre de medie calificare la efectuarea unor operații de înalt nivel, prin reducerea considerabilă a timpului necesar efectuării calculelor [4].

* Dr. ing. *A. Avramescu*, membru corespondent al Academiei R.P.R. este șef de secție la Institutul de Cercetări Electrotehnice.

Inginerilor tineri, absolvenți ai Institutelor Politehnice, le revine sarcina importantă de a aplica în mod creator înalta lor pregătire matematică la ușurarea operațiilor de calcul ce devin din ce în ce mai necesare și mai numeroase în procesele moderne din producția industrială, din proiectări și cercetări tehnico-științifice. Prin aceasta ei pot contribui în mod efectiv la introducerea tehnicii moderne, la realizarea de economii, la reducerea prețului de cost.

Asupra nomografiei au apărut unele cărți bune în literatura noastră tehnică recentă [5—10]. Ele pot servi ca bază pentru însușirea cunoștințelor necesare nu numai pentru întrebuințarea, dar și pentru înțelegerea structurii, pentru proiectarea și construirea de noi nomograme. În cele ce urmează se prezintă pe scurt și sintetic doar elementele calculului grafic și principiile fundamentale ale metodelor nomografice. Expunerea, care urmărește o lucrare mai veche a autorului [5], se încheie cu considerații privind oportunitatea recurgerii la nomograme.

Noțiuni fundamentale

Unul din elementele fundamentale ale nomogramelor este scara funcțională, care redă o relație fundamentală de forma

$$v = f(u) \tag{1}$$

pe o linie dreaptă sau curbă, denumită suport, care poartă o dublă gradație reprezentînd pe o parte variabila u, pe de alta variabila v. Scara funcțională se poate deduce dintr-o diagramă carteziană obișnuită, prin proiectarea gradației de pe o axă pe cealaltă axă, cu ajutorul curbei care reprezintă în acea diagramă relația funcțională (1), așa cum se arată în fig. 1.

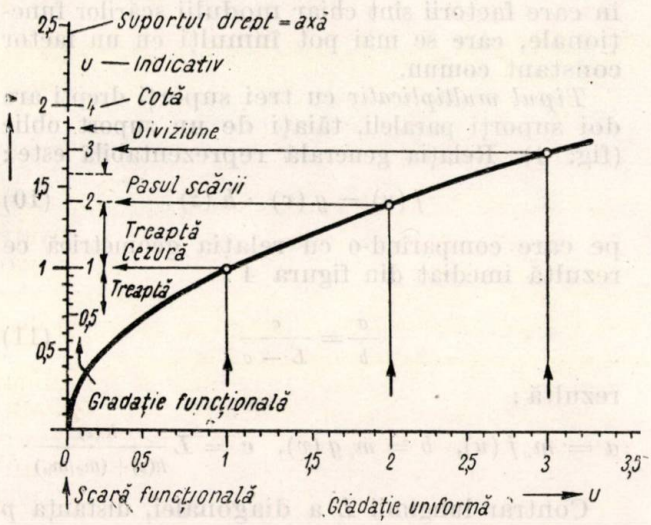


Fig. 1. Elementele și construcția scărilor funcționale.

Se numesc:

d i v i z i u n i: puncte care corespund anumitor valori discrete ale funcției, marcate cu linii scurte perpendiculare pe suport;

g r a d a ț i e: totalitatea diviziunilor consecutive;

o r i g i n e a: punctul de plecare al gradației;

c o t e: numere indicînd anumite valori ale funcțiunii;

p a s u l: distanța ce separă două diviziuni succesive (p);

t r e a p t a: valoarea diferenței a două diviziuni succesive (t);

c e z u r a: punct al scării în care se schimbă treapta;

m o d u l u l: lungimea care corespunde treptei unitate (m);

i n t e r v a l: diferența între valori;

o s c i l a ț i e: diferența între valorile extreme ale funcției (ω).

Pasul scării se alege în limitele $2 < p < 5$ (mm) pentru a ușura interpolarea valorilor intermediare. Avînd un suport de lungime L pe care urmează a se reprezenta funcția (1) în intervalul $(u_1 - u_2)$, modulul se alege:

$$m = \frac{L}{f(u_2) - f(u_1)} = \frac{L}{\omega}. \tag{2}$$

Scara liniară sau uniformă de pe axa ordonatelor (fig. 1) se poate suprima, ea putînd fi înlocuită oricînd cu o măsurătoare cu rigla, astfel rezultînd o scară funcțională simplă. Pe același suport se pot, pe o parte și alta dispune gradațiile a două scări funcționale, dînd astfel posibilitatea reprezentării pe o linie a relațiilor de forma:

$$f_1(v) = f_2(u). \tag{3}$$

Scara logaritmică, cea mai răspîndită și mai utilă scară funcțională, este prea bine cunoscută de la rigla de calcul. Ea reprezintă relația

$$v = \lg u \tag{4}$$

indiferent de bază, deoarece o schimbare a bazei este echivalentă cu schimbarea modulului. Gradația logaritmică se repetă identic pentru oricare decadă succesivă, modulul fiind egal cu lungimea unei decade.

Punctul $u = 0$ este la infinit și nu se poate reprezenta, de asemenea nici valori $u < 0$ (negative), în schimb se pot citi ușor valori de mai multe ordine de mărime cu o exactitate aproximativ constantă. Treapta diviziunilor trebuie schimbată în cuprinsul unei decade.:

Scara parabolică se bazează pe relația

$$v = u^n \tag{5}$$

unde n este un număr real, de care depinde neuniformitatea. Punctul $u = 1$ desparte două domenii diferite ale gradației.

Scara proiectivă corespunde relațiilor de forma generală:

$$v = \frac{Au + B}{u + D} \quad (AD - B \neq 0) \qquad (6)$$

a căror inversă este tot o funcție proiectivă.

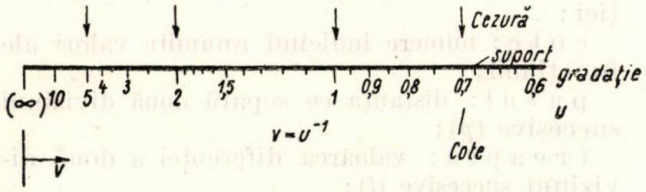


Fig. 2. Scara reciprocă.

Proiecția centrală a unei gradații uniforme pe o dreaptă dă totdeauna o gradație proiectivă.

Funcția parabolică $v = u^{-1}$ este în același timp și proiectivă (fig.2).

Originea scării este de obicei la $u = \infty$, față de care punctul $u = 1$ este la distanța unui modul.

Scări pe curbe se realizează pe baza relației parametrice

$$u = f_1(t) \qquad (7)$$
$$v = f_2(t)$$

abscisele și ordonatele calculîndu-se din formulele $x = m_1 u$ și $y = m_2 v$, dînd diferite valori parametrului t. Scara curbă permite reprezentarea unei relații între trei funcții.

Nomograme cu puncte aliniate

Valorile care corespund unei relații funcționale date se găsesc la aceste nomograme pe scări funcționale după o anumită operație geometrică

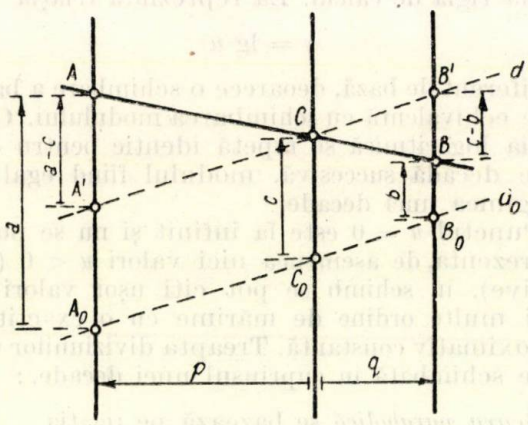


Fig. 3. Tipul adițional, forma asimetrică.

„cheie", dintre care cea mai obișnuită este trasarea unei drepte, denumită rezolventă (linie de citire), care taie pe scările funcționale valorile corespunzătoare. Cheia mai poate să fie: două drepte paralele sau perpendiculare, un cerc, o altă curbă regulată etc.

Se cunosc cîteva tipuri fundamentale de nomograme cu puncte aliniate.

Tipul adițional este caracterizat prin scări drepte paralele. În cazul a trei scări, relația cea mai generală ce se poate reprezenta este

$$f(u) + g(v) = h(z), \qquad (8)$$

gradația fiind în general neuniformă.

Utilizînd notațiile din fig. 3 și notînd cu p și q distanțele între suporți, „ecuația cheie" dă:

$$\frac{a - c}{p} = \frac{c - b}{q} \qquad (9)$$

sau

$$ap + bp = c(p + q)$$

și din identificare cu relația (8), avem:

$$a = \frac{1}{q} f(u), \quad b = \frac{1}{p} g(v), \quad c = \frac{1}{p + q} h(z),$$

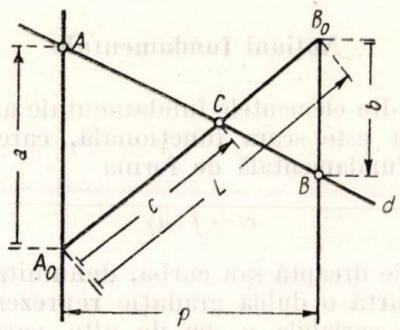


Fig. 4. Tipul multiplicativ.

în care factorii sînt chiar modulii scărilor funcționale, care se mai pot înmulți cu un factor constant comun.

Tipul multiplicativ cu trei suporți drepți are doi suporți paraleli, tăiați de un suport oblic (fig. 4). Relația generală reprezentabilă este:

$$f(u) = g(v) \cdot h(z) \qquad (10)$$

pe care comparînd-o cu relația geometrică ce rezultă imediat din figura 4:

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{L - c} \qquad (11)$$

rezultă:

$$a = m_u f(u), \quad b = m_v g(v), \quad c = L \frac{h(z)}{h(z) + (m_v/m_u)}.$$

Contrar lungimii L a diagonalei, distanța p dintre dreptele paralele nu intră în calcul și poate fi deci arbitrară.

Relațiile de tip parabolic sau exponențial se pot reduce aplicînd logaritmii la forma (10).

Colaționarea sau combinarea a mai multor nomograme de tip adițional și multiplicativ permite efectuarea unor calcule în lanț, deci

explicitarea unor formule relativ complicate. În aceste cazuri avantajele multiple ale calculului grafic devin și mai evidente, chiar în comparație cu rigla de calcul obișnuită.

Condiția generală de aliniere a trei puncte $P_1(x_1, y_1)$, $P_2(x_2, y_2)$, $P_3(x_3, y_3)$ ce se află pe trei suporți (în general curbi) S_1, S_2, S_3 se exprimă într-un sistem de coordonate carteziene xOy prin relația:

$$\begin{vmatrix} x_1 & y_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & 1 \end{vmatrix} = 0 \qquad (12)$$

Tipul adițional general rezultă dacă suporții drepți concură într-un punct.

Dacă acest punct este originea, iar axa x primul suport drept ($y_1 = 0$), atunci ecuațiile celorlalți suporți concurenți sînt: $y_2 = \alpha_2 x_2$ și $y_3 = \alpha_3 x_3$, factorii α fiind coeficienții unghiulari. Prin identificare, din (12) rezultă (fig. 5):

$$\frac{\alpha_2 - \alpha_3}{x_1} + \frac{\alpha_3}{x_2} = \frac{\alpha_2}{x_3} \qquad (13)$$

o relație de tipul celei a rezistențelor electrice legate în paralel:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

care se poate extinde și la mai multe rezistențe.

Modulii sînt numărătorii relației cheie (13). Coeficienții unghiulari se aleg convenabil.

Tipul cu un suport curb este un caz particular al tipului general (12). De exemplu, în fig. 6 avem $x_1 = 0$ și $x_3 = p$, deci ecuația cheie devine:

$$y_1(x_2 - p) + py_2 - x_2y_3 = 0 \qquad (14)$$

relațiile geometrice văzîndu-se clar din fig. 6.

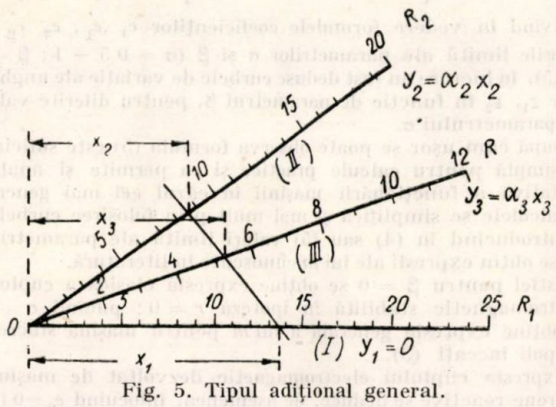


Fig. 5. Tipul adițional general.

Tipul cu un suport circular și doi suporți drepți suprapuși peste axele coordonate $x_1 = 0$ și $y_2 = 0$, cercul cu raza $r = 1/2$ fiind tangent în origină la axa ordonatelor și avînd ecuația

$$x_3^2 + y_3^2 = x_3 \qquad (15)$$

se reprezintă, ca în fig. 7, prin ecuația cheie rezultată din identificarea cu (12)

$$(x_2 - x_3)\, y_1 - x_2y_3 = 0 \qquad (16)$$

și se pretează la reproducerea relațiilor pătratice de tipul

$$u^2 + uv + z = 0 \qquad (17)$$

Desigur că prin această scurtă caracterizare nu se poate reda decît sumar și fragmentar

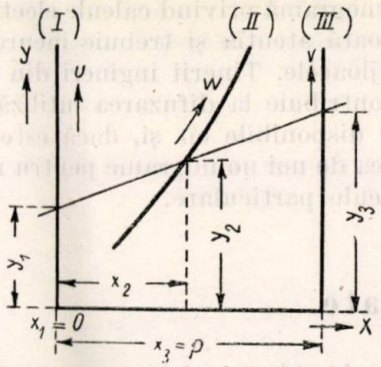


Fig. 6. Tipul cu două axe și un suport curb.

problematica nomogramelor. Ea corespunde însă unei prime orientări în domeniu.

Oportunitatea aplicării nomogramelor

Cunoscînd structura intimă a nomogramelor este în general ușor de a stabili dacă o relație dată se pretează la o reprezentare nomografică. De asemenea, cu o oarecare experiență se poate găsi forma cea mai potrivită de reprezentare. Problema economică cea mai de seamă ce se pune în legătură cu întocmirea unei nomo-

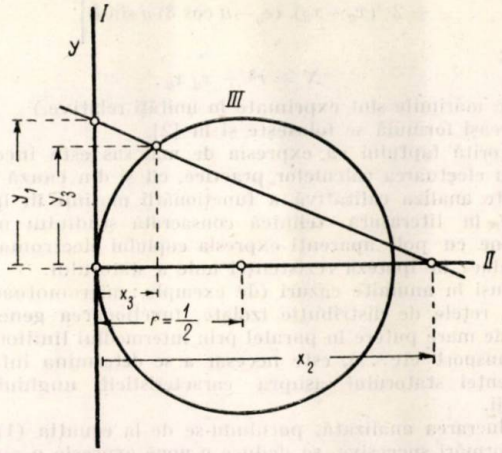


Fig. 7. Tipul cu un suport circular.

grame rămîne aprecierea dacă ea va putea fi utilă și utilizată atît de mult, încît timpul și efortul necesar întocmirii să fie „amortizat" în timp util. O analiză sumară poate stabili „rentabilitatea". Este de observat însă că în condițiile societății socialiste nu trebuie să limităm

aplicarea numai la întreprinderea unde activăm, ci trebuie să ne gîndim la generalizarea oricărei raționalizări, deci și a utilizării nomogramelor. În acest sens orice relație care trebuie calculată în diferite locuri în repetate rînduri de cadre numeroase (ca de exemplu, legea lui Ohm), merită să fie reprezentată printr-o nomogramă corespunzătoare.

De aceea, intenția redacției revistei Electrotehnica, de a publica pe coperta fiecărui număr cîte o nomogramă privind calcule electrotehnice, merită toată atenția și trebuie încurajată prin toate mijloacele. Tinerii ingineri din producție pot să contribuie la difuzarea utilizării nomogramelor disponibile cît și, dacă este cazul, la întocmirea de noi nomograme pentru rezolvarea unor calcule particulare.

Bibliografie

[1] *M. d'Ocagne*: Traité de Nomographiei Gauthier-Villars. Paris, 1921.

[2] *R. Soreau*: Nomographie au traité des abaques. Chiron, Paris, 1921.

[3] *Ion Ionescu*: Nomografia sau teoria tablourilor grafice. Bul. Soc. Politehn. **15** (1899) 389; **16** (1900) 21, 33, 49.

[4] *M. Zühlke*: Rechentafeln und Sonderrechenstäbe. Täubner, Leipzig u. Berlin, 1942.

[5] *A. Avramescu*: Construcția și utilizarea nomogramelor. Bul. Soc. Politehn. **61** (1948) 4/6, 89—134.

[6] *M. V. Pentcovschi*: Nomografie (trad. l. rusă). Ed. Tehnică, București, 1952.

[7] *Lascu Pál* și *F. Rado*: Lecții de nomografie. Ed. Tehnică, București, 1956.

[8] *M. V. Pentcovschi*: Nomograme. Ed. Tehnică, București, 1956.

[9] *M. Iorga, A. Marinescu, A. Andrian*: Diagrame, abace, nomograme. Ed. Tehnică, București, 1959.

[10] *N. Teodorescu*: Calculul numeric și grafic. IP, București, 1951.

Intrat în redacție la 12 mai 1960.

Referate

Influența rezistenței statorului asupra caracteristicei unghiulare statice a mașinii sincrone cu poli aparenți. [După V. N. Nedelcu: Naucinie Dokladi Vissei Școli, Energetica (1959) 2, 55—59].

În literatura de specialitate se acordă o atenție deosebită problemei influenței rezistenței statorului asupra funcționării mașinii sincrone cu poli aparenți în diferite regimuri tranzitorii.

În cea ce privește influența rezistenței statorului asupra funcționării mașinii în regim permanent și în special asupra caracteristicii unghiulare statice, pînă în ultimul timp, această influență putea fi luată în considerație cu ajutorul formulei de mai jos, stabilită în [1]:

$$m = \frac{1}{N}\left[e_0 u x_q \sin\delta + e_0 u r \cos\delta + \frac{u^2}{2}(x_d - x_q)\sin 2\delta - u^2 r\right] + \frac{1}{N^2}\left[r(x_q^2 + r^2)(e_0 - u\cos\delta)^2 + r(x_d^2 + r^2)(u\sin\delta)^2 + 2r^2(x_q - x_d)(e_0 - u\cos\delta)\, u\sin\delta\right] \quad (1)$$

unde:

$$N = r^2 + x_d x_q .$$

(Toate mărimile sînt exprimate în unități relative.)

Aceeași formulă se folosește și în [2].

Datorită faptului că expresia de mai sus este incomodă pentru efectuarea calculelor practice, cît și din cauză că nu permite analiza calitativă a funcționării mașinii în ipoteza $r \neq 0$, în literatura tehnică consacrată studiului mașinii sincrone cu poli aparenți expresia cuplului electromagnetic se deduce în ipoteza rezistenței nule a statorului.

Totuși în anumite cazuri (de exemplu: micromotoare sincrone, rețele de distribuție izolate, funcționarea generatoarelor de mare putere în paralel prin intermediul liniilor lungi de transport etc...), este necesar a se determina influența rezistenței statorului asupra caracteristicii unghiulare a mașinii.

În lucrarea analizată, pornindu-se de la ecuația (1) prin transformări succesive, se deduce o nouă expresie a cuplului electromagnetic:

$$m = c_1 \sin\delta - c_1' \cos\delta + c_2 \sin 2\delta - c_2' \cos 2\delta + c_0' \quad (4)$$

unde:

$$c_1 = k_1[\sigma(\sigma - \beta^2) + 2\beta^2]$$

$$c_1' = k_1\beta[\sigma(2\sigma - 1) + \beta^2]$$

$$c_2 = k_2(\sigma - \beta^2)$$

$$c_2' = k_2\beta(1 + \sigma)$$

$$c_0' = c_3 + c_0$$

$$c_3 = k_2\beta(1 - \sigma)$$

$$c_0 = \frac{e_0^2}{x_d(\sigma + \beta^2)^2}\beta(\sigma^2 + \beta^2)$$

$$k_1 = \frac{u e_0}{x_d}\,\frac{1}{(\sigma + \beta^2)^2}$$

$$k_2 = \frac{u^2}{2x_d}\,\frac{1 - \sigma}{(\sigma + \beta^2)^2}$$

$$\sigma = x_q/x_d\,;\quad \beta = r/x_d$$

Expresia de mai sus (4) se poate restrînge, dacă se notează:

$$\operatorname{tg}\varepsilon_1 = \frac{c_1'}{c_1}\,;\qquad \operatorname{tg}\varepsilon_2 = \frac{c_2'}{c_2},$$

astfel încît formula cuplului se retranscrie:

$$m = c_0' + \frac{c_1}{\cos\varepsilon_1}\sin(\delta - \varepsilon_1) + \frac{c_2'}{\cos\varepsilon_2}\sin 2\left(\delta - \frac{\varepsilon_2}{2}\right). \quad (5)$$

Avînd în vedere formulele coeficienților c_1, c_1', c_2, c_2' și valorile limită ale parametrilor σ și β ($\sigma = 0{,}5 - 1$; $\beta = 0 - 0{,}5$), în lucrare au fost deduse curbele de variație ale unghiurilor ε_1, ε_2 în funcție de parametrul β, pentru diferite valori ale parametrului σ.

După cum ușor se poate observa formula (5) este suficient de simplă pentru calcule practice și ea permite și analiza calitativă a funcționării mașinii în cazul cel mai general.

Calculele se simplifică și mai mult prin folosirea curbelor.

Introducînd în (4) sau (5) valori limită ale parametrilor σ, β se obțin expresii ale lui m cunoscute în literatură.

Astfel pentru $\beta = 0$ se obține expresia clasică a cuplului electromagnetic stabilită în ipoteza $r = 0$; punînd $\sigma = 1$, se obține expresia generală a lui m pentru mașina sincronă cu poli înecați (3).

Expresia cuplului electromagnetic dezvoltat de mașinile sincrone reactive se deduce, de asemenea, înlocuind $e_0 = 0$ (4).

Bibliografie

[1] *Doherty R.H., Nickle C.A.*: Synchronous Machines. TAIEE, vol 45, 1926 part II.

[2] *Luer R.A.*: Priblijionii sposob proverki ustoicivosti sinhronnoi mașinii po uglovim harakteristikam sinhroniziruiuscego momenta vrascenia. Sbornic „Elektrosila", 8, 1951.

[3] *Kostenko M. P., Piotrovski L. M.*: Elektriceskie mașini. GEI, 1958.

[4] *Cecet I.S.*: Elektriceskie micromașini dlia avtomaticeskih ustroistv. GEI, 1957.

V.N.N.

Recenzii

CZ 621.315.61

I. V. KORITZKII şi B. M. TAREEV: **Materiale electroizolante.** Gosenergoizdat, Moscova, 1958, volumul I, 460 pag., 189 fig., 224 tab.

Faţă de dezvoltarea impetuoasă a tehnicii şi a creşterii necesităţii de noi materiale electrotehnice, s-a pus problema în U.R.S.S. a editării unei monografii privind aceste materiale.

Această lucrare de mari proporţii, denumită „Indreptar pentru materiale electrotehnice" (Spravocinic po Electrotehniceschim Materialam), în redactarea prof. I. V. Koritzkii şi B. M. Tareev, începe prin două volume care tratează materialele electroizolante.

Volumul I tratează proprietăţile materialelor electroizolante, iar volumul II metodele de încercare şi de folosire a acestor materiale.

Primul volum, care face obiectul acestei recenzii se axează pe materialele publicate în „Îndreptarul pentru izolaţii electrice", Gosenergoizdat, 1948.

Ţinînd seamă de progresele obţinute în tehnica fabricării dielectricilor în deceniul care s-a scurs, noua lucrare tinde tocmai să umple golul ivit în literatura tehnică de specialitate şi îmbogăţeşte mult prima ediţie.

Ceea ce este specific acestei cărţi, ca şi de altfel întregii literaturi tehnice sovietice, este caracterul bogat documentar nu numai în domeniile de folosire a materialelor electroizolante, ci şi în problemele concrete ale producerii acestor materiale. De exemplu, problema uleiurilor minerale este larg tratată din punct de vedere al regimurilor optime de preparare (uscare, filtrare, tratări cu pămînturi absorbante, în scopul ridicării calităţilor lor dielectrice).

Cu tot caracterul ei documentar, lucrarea începe cu o privire de ansamblu asupra teoriei dielectricilor. Autorii definesc dielectrici „acele materiale în care vreme îndelungată pot exista cîmpuri electrostatice" (§ 1.1). Faţă de definiţia din prima ediţie a autorilor şi anume „materialul electroizolant sau dielectricul — denumirea materiei în care se pot crea cîmpuri electrice intense", credem că definiţia din lucrarea recenzată este mai generală, ţinînd seamă de domeniile largi de folosire a dielectricilor şi în domeniul curenţilor slabi.

În lucrare se tratează pe larg trei tipuri de polarizări, şi anume: electronică ionică şi dipolară însă nu se prezintă celelalte polarizări, respectiv: spontană (segnetto-electrică) şi între straturi.

Dielectricii gazoşi, care în ultima vreme au început să fie folosiţi pe scară largă în construcţia aparatajului electric, şi în special a transformatoarelor de înaltă tensiune, sînt studiaţi într-un capitol special. Hexafluorura de sulf (SF_6), fabricată în U.R.S.S. sub denumirea de „Elegaz", cu calităţile sale dielectrice ridicate este considerată ca un material de viitor în tehnica curenţilor tari.

Capitolul al III-lea tratează dielectricii lichizi dedicînd un spaţiu mai larg (trei pătrimi din întregul capitol) uleiurilor minerale. În special, pentru uleiul de transformator se prezintă numeroase tabele şi diagrame prezentînd corelaţia caracteristicilor dielectrice în funcţie de proprietăţile lor fizico-chimice.

Noile materiale sintetice obţinute prin policlorurarea difenilului, cu diversele denumiri (Sovol, Klofen, Arvelor etc.), datorită stabilităţii lor în timp şi mai ales totalei lipse de combustibilitate, tind pe zi ce trece să înlocuiască în totul uleiurile minerale în construcţia condensatoarelor şi parţial în impregnarea transformatoarelor de forţă.

Atît răşinile sintetice, cît şi răşinile naturale sînt tratate în capitolul al IV-lea. Faţă de importanţa acestor materiale şi mai ales ale primelor în construcţia aproape a tuturor categoriilor de aparate şi utilaje electrotehnice, credem că spaţiul acordat (1/15 din întreaga lucrare) este relativ mic.

În 24 de tabele din capitolul al V-lea se prezintă proprietăţile fizico-chmice şi caracteristicile dielectrice ale lacurilor, compoundurilor şi cleiurilor. Tot în acest capitol se tratează problema solvenţilor şi diluanţilor.

Aşa-zisele materiale ceroase, cu toată vremea îndelungată de cînd sînt folosite în industria electrotehnică, tot se mai întrebuinţează, în special în aparatajul destinat tehnicii curenţilor slabi.

În capitolul al VI-lea, pe lîngă materialele clasice, sînt prezentate şi altele relativ noi, respectiv: galovaxul, oleovaxul şi ozocherita.

Hîrtia specială electrotehnică, de grosimi foarte mici, care la ora actuală este de neînlocuit la construcţia condensatoarelor şi cablurilor de forţă de înaltă tensiune, este tratată în capitolul al VII-lea.

Materialele organice textile şi materialele fibroase anorganice sînt tratate în capitolele VIII şi IX.

Capitolul al X-lea tratează materialele fibroase impregnate. Sînt descrise atît materialele pe bază de hîrtie, cît şi cele cu suport textil.

Materialele stratificate cu o prezentare specială a prelucrării lor mecanice, face obiectul capitolului al XI-lea.

Capitolele al XII-lea şi al XIII-lea tratează masele plastice şi peliculele electroizolante. Acestea din urmă — netratate în prima ediţie — fiind realizări relativ noi ale industriei sovietice, sînt prezentate în numeroase tabele cu caracteristicile lor dielectrice.

Ultimul capitol cu materiale electroizolante organice, al XIV-lea studiază cauciucurile şi masele plastice elastice.

Materialele izolante anorganice: mica, micanitele, sticla şi ceramica electrotehnică, ca şi ceramica de radio, fac obiectul capitolelor XV pînă la XX.

Cu toate că metodele de încercare a materialelor electroizolante fac obiectul unui capitol special din volumul al II-lea al lucrării, la majoritatea capitolelor de mai sus se prezintă metodele speciale de încercare a materialelor respective.

Bibliografia este prezentată pentru fiecare capitol în parte şi se referă la lucrările de bază din literatura sovietică de specialitate, însă la unele capitole, ca de pildă „Materiale ceroase", este relativ redusă.

Condiţiile grafice ale cărţii sînt bune — dat fiind însă caracterul de ghid al lucrării — folosirea hîrtiei de grosime redusă ca la prima ediţie, ar fi micşorat dimensiunile cărţii.

Privită în ansamblu şi comparativ cu prima ediţie, lucrarea are un caracter monografic în domeniul materialelor electroizolante, fiind un excelent îndrumător atît al producătorului de astfel de materiale, cît şi al proiectantului de maşini şi aparate electrice.

Faţă de eficienţa ridicată a acestei cărţi în activitatea inginerilor şi tehnicienilor din industria electrotehnică se recomandă traducerea ei în limba romînă.

Ing. **A. Bereu**

CZ 621.313.002.2 (021

A. E. ALEXEEV: **Construcţia maşinilor electrice.** Gosenergoizdat, 1958, 1 vol. 428 pag., 496 fig.

Cea de-a doua ediţie a lucrării „Construcţia maşinilor electrice", destinată a da celor ce studiază şi construiesc maşini electrice posibilitatea de a cunoaşte diferite variante ale construcţiilor de bază, de a-i ajuta în prelucrarea critică a modului propriu de a pune şi rezolva problemele care se ivesc în practica zilnică din producţie, a apărut ca o necesitate a dezvoltării rapide a construcţiilor de maşini electrice, a creşterii puterilor de tip, a apariţiei de noi tipuri constructive de maşini electrice.

Cartea cuprinde 14 capitole, fiecare ocupîndu-se de cîte o problemă importantă din construcţia de maşini electrice.

Se face o scurtă prezentare a celei de-a doua ediţii, arătîndu-se ce are nou faţă de prima ediţie.

În introducere se face o scurtă privire asupra dezvoltării construcţiilor de maşini electrice în U.R.S.S. arătîndu-se că în prezent se construiesc generatoare de 300 MW. De asemenea se studiază tendinţele actuale în construcţia de maşini care sînt: creşterea puterii pe unitate, micşorarea consumurilor specifice de materiale, micşorarea gabaritelor menţinîndu-se randamentul, încălzirile şi factorul de putere; pentru ilustrare se dă în pag. 11 o diagramă în care se arată

creşterea puterii pe unitate a turbogeneratoarelor şi hidrogeneratoarelor, iar în pag. 12 un grafic evolutiv al gabaritelor şi greutăţilor motoarelor asincrone cu puteri de 3,7—4 kW, construite de firma A.E.G.

În cap. I se studiază formele fundamentale de execuţie şi schemele de construcţie ale maşinilor electrice.

Se arată care sînt factorii care determină calitatea proiectării şi calitatea construcţiei. Din punctul de vedere al proiectării, maşina trebuie să aibă un consum minim de materiale, iar din punct de vedere constructiv, să necesite o manoperă cît mai redusă.

Studiindu-se diferitele moduri de a acţiona un generator electric şi diferitele moduri de utilizare a motoarelor electrice, se arată tipurile constructive principale caracteristice. Se face o clasificare din mai multe puncte de vedere a tipurilor constructive de maşini electrice şi se dă o clasificare după modul de protecţie. În exemple se dă un nou şi bogat material grafic.

În cap. II se studiază bazele calculului ventilaţiei. Se arată posibilităţile de răcire a maşinilor electrice, insistîndu-se asupra răcirii cu hidrogen.

Prezentînd schemele de ventilaţie ale maşinilor electrice, autorul vorbeşte despre autoventilaţie, ventilaţie independentă şi cazurile unde ele se folosesc, despre ventilaţia maşinilor închise, despre ventilaţia turbogeneratoarelor şi maşinilor mari verticale.

Subcapitolul privind calculul circuitului de ventilaţie a maşinilor electrice conţine material mai mult, prezentat mai sistematic şi mai concis.

Se studiază rezistenţele aerodinamice ale conductelor cu aer şi schemele echivalente pentru conductele de aer legate în serie şi paralel şi se dau formule pentru constantele aerodinamice ale conductelor cu aer.

În studiul ventilatoarelor, în ediţia a II-a, s-a renunţat la paragraful despre clasificarea ventilatoarelor, trecîndu-se direct la construcţia ventilatoarelor centrifugale şi elicoidale, exemplificate cu material grafic. Aici sînt date relaţiile fundamentale ale ventilatorului centrifugal cu diagrame arătînd presiunile pentru diferite execuţii ale paletelor ventilatoarelor şi curbele de presiune. Se dă un calcul aproximativ pentru ventilatorul integrat ; se fixează criterii pentru alegerea tipului de ventilaţie ; se arată aspectul fizic al funcţionării şi calculul ventilatorului elicoidal. Capitolul se încheie cu exemple de calcul.

Capitolul III cuprinde calculul termic al maşinilor electrice. Se arată care sînt limitele supraîncălzirilor admisibile, diferitele regimuri de funcţionare a maşinilor. Se expune calculul supraîncălzirilor stabilizate, al căderii de temperatură în grosimea izolaţiei, se studiază evacuarea căldurii prin suprafaţa corpurilor, cedarea căldurii de pe o suprafaţă interioară suflată şi coeficientul de încălzire al aerului, se dau noţiuni asupra schemelor termice. Se studiază schemele termice în regim permanent, se dă calculul pentru determinarea celui mai cald punct. În continuare se studiază regimurile termice tranzitorii, arătîndu-se relaţiile fundamentale la încălzirea şi răcirea unui corp omogen şi supraîncălzirile maşinilor în regim de funcţionare de scurtă durată şi ca un caz particular se studiază încălzirea înfăşurării de pornire a unui motor sincron.

Capitolul se încheie cu exemple de calcul pentru calculul termic al unui motor închis cu răcirea prin suflarea suprafeţei exterioare, pentru un motor asincron cu răcirea prin ţevi în carcasă şi calculul unui indus în regim de scurtă durată.

Capitolul IV se referă la materialele folosite în construcţia maşinilor electrice. Se dau caracteristici mecanice ale acestor materiale. Tot în acest capitol se fac unele observaţii privind producţia maşinilor electrice.

Capitolul V se referă la construcţia înfăşurărilor şi a polilor rotoarelor. Se pune accentul pe modul de construcţie şi pe rezistenţa mecanică a construcţiilor.

În capitolul VI se studiază inelele colectoare şi colectorul. Se analizează eforturile care apar în detaliile constructive ale inelelor şi colectoarelor. Capitolul se încheie cu un exemplu de calcul pentru un colector.

Capitolul VII se referă la construcţia şi calculul de rezistenţă al rotoarelor. Se analizează tipurile constructive ale rotoarelor şi eforturile care apar în rotoare. Capitolul se încheie cu calculul unui butuc de rotor, al unui rotor din segmenţi, al unui rotor cu spiţe turnat şi al buloanelor de fixare a polilor pe butucul rotorului.

Capitolul VIII studiază, din punct de vedere mecanic, arborii maşinilor electrice. Se analizează eforturile mecanice şi încărcările mecanice care apar în arbori. Se analizează arborii simpli şi compuşi, se determină săgeţile datorite încercărilor mecanice şi forţelor de atracţie magnetică. După ce se face toată această analiză, se trece la determinarea dimensiunilor arborelui şi se dă un exemplu de calcul pentru arbori.

Se trece apoi la studierea oscilaţiilor transversale, deducîndu-se ecuaţia pentru determinarea vitezei critice a turaţiei arborelui şi se dă un exemplu practic de determinare a vitezei critice. În continuare, se studiază oscilaţiile de torsiune şi oscilaţiile forţate ale arborilor agregatelor Diesel.

În capitolul IX se studiază reazemele organelor rotative ale maşinilor electrice.

Capitolul începe cu analiza palierelor de alunecare, indicîndu-se materialele şi relaţiile constructive folosite pentru paliere. Se trece apoi la palierele de ghidare şi la crapodine. Construcţia crapodinelor este ilustrată cu numeroase figuri, dîndu-se aici şi elemente din teoria frecării hidrodinamice necesare în calculul crapodinelor. Se dă un exemplu de calcul pentru calcularea crapodinelor.

Capitolul se încheie cu studierea palierelor de rulare şi cu alegerea sarcinilor admisibile în palierele de rulare.

În capitolul X se analizează carcasele magnetice. Se precizează detaliile mecanice pentru întărirea bobinajului şi polii carcaselor magnetice, cum şi construcţia şi calculul mecanic al acestor detalii.

În capitolul X se dau metode de calcul pentru fixarea polilor, pentru calculul rezistenţei carcasei şi un calcul pentru buloanele de fundaţie.

Statoarele maşinilor de curent alternativ sînt studiate în capitolul XI, analizîndu-se modurile de fixare a înfăşurărilor polilor şi fierului activ al statorului. Se arată care sînt particularităţile de construcţie a carcaselor statoarelor şi se analizează mai amănunţit particularităţile constructive ale carcaselor maşinilor verticale. Se face o analiză a forţelor care acţionează asupra carcasei şi se dau exemple de calcul pentru determinarea săgeţilor şi vibraţiilor carcaselor, cum şi calculul pieselor şi buloanelor de strîngere ale fusului statoric.

Organele conducătoare de curent, periile, portperiile şi barele de legătură, bornele sînt analizate în capitolul XII, iar cuplajele, roţile de curea şi fundaţiile sînt analizate în capitolul XIII.

Lucrarea se încheie cu indicaţii asupra metodelor de proiectare în construcţiile de maşini electrice analizate în capitolul XIV.

Prezentarea este foarte bună, figurile sînt clare şi în număr suficient. Autorul a reuşit să sintetizeze o cantitate mare de material într-un spaţiu relativ redus.

Lucrarea este rezultatul unei practici îndelungate şi este o carte de bază pentru constructorii de maşini electrice, pentru cei ce studiază maşinile electrice şi pentru studenţi.

Recomandăm cu căldură lucrarea „Construcţia maşinilor" pentru a fi consultată atît de proiectanţii şi constructorii de maşini electrice, cît şi de cadrele didactice din institute tehnice de învăţămînt superior şi de studenţi.

Ing. **Gh. Nistor**

Documentare

621.312 *Industria electrotehnică*

CZ 621.312 : 643/648

Cîteva sarcini ale industriei electrotehnice în domeniul electrificării casnice. [După G. K. Ivanov: Vestn. Elektroprom. **31** (1960) 1, 1—4.]

Numai în cursul anului 1959 industria sovietică a livrat aparate electrice de uz casnic în valoare de peste 2,4 miliarde ruble. Pentru anii viitori se cere mărirea acestei producţii şi în special creşterea sortimentului.

În acest sens se remarcă necesitatea trecerii de la producţia de serie la cea de mare serie, în mari uzine mecanizate şi automatizate. Separat se cere înlocuirea unor tipuri învechite. Se propune înlocuirea metalelor feroase în construcţia unor aparate electrice (de pildă talpa fiarelor de călcat), cu materiale ceramice, mai uşoare şi mai ieftine.

Se pune problema standardizării pieselor de schimb la aparatele electrice fabricate de mai multe întreprinderi.

Dat fiind cerinţele tot mai mari — din punct de vedere tehnic şi estetic — faţă de aceste aparate, se propune înfiinţarea unor baze de cercetări pe lîngă marile uzine electrotehnice, care ar avea sarcina coordonării studiilor în acest domeniu.

A.B.

CZ 621.312 : 643

Mai multe aparate electrice de uz casnic. [După I. M. Krasnov: Vestn. Elektroprom. **31** (1960) 7—10.]

Se prezintă noi tipuri de aparate electrice de uz casnic. Astfel, noua maşină universală de gătit se caracterizează printr-o mare productivitate şi este deservită de un electromotor cu o putere de numai 350 W. Un nou dispozitiv de condiţionare a aerului, foarte necesar în locuri cu climat torid, menţine în încăperi o temperatură constantă şi de asemenea ventilează aerul. Într-o cameră cu o suprafaţă de 40 m² şi un volum de 140 m³, la o temperatură a mediului exterior de +40°C, dispozitivul de condiţionare asigură o variaţie a temperaturii în numai limitele +18...+25°C. Consumul de energie nu depăşeşte 0,6 kWh.

Ozonatorul tip OB-1 se compune dintr-o cutie metalică de formă dreptunghiulară, în interiorul căreia se află montată o lampă descărcătoare, transformatorul de înaltă tensiune, condensatorul, dispozitivul de deparatizare şi alte detalii. Producerea ozonului se efectuează cu ajutorul descărcărilor electrice în interspaţiul dintre două grile cilindrice, din care una este dispusă în interiorul lămpii, iar cealaltă este montată pe suprafaţa exterioară a balonului.

Noul tip de uscător asigură uscarea unei şarje de rufe în circa 30—60 min. Puterea electrică reglabilă este între 500 şi 3 000 W.

A. B.

CZ 621.312.008 :621.316.5

Despre folosirea benzilor rulante cu cicluri multiple în industria construcţiei de aparate electrice. [După I. M. Tkalin: Vestn. Elektroprom. **31** (1960) 1, 55—58, 2 fig.]

Condiţia obligatorie pentru mecanizarea şi automatizarea producţiei o constituie divizarea diferenţiată a muncii, defalcarea procesului de producţie în operaţii elementare. În afară de această condiţie se mai cere şi folosirea benzilor rulante. Acestea se folosesc cu succes în producţia de serie şi mai ales de mare serie.

Din cauză că producţia de instrumente electrice are caracter de medie sau mică serie, pot fi folosite benzile rulante numai cu cicluri multiple.

Caracteristica principală a benzilor rulante cu cicluri multiple constă în faptul că posibilitatea introducerii lor nu este condiţionată — în aceeaşi măsură de amploarea producţiei — ca la benzile rulante cu cicluri unice. Gradul de diferenţiere a procesului de montaj este condiţionat aici de considerente de calcul.

Se prezintă un exemplu de calcul al numărului de cicluri, într-o producţie de medie serie, deducîndu-se şi formulele respective.

A.B.

CZ 621.312.008 :621.315.612.2

Bandă rulantă pentru fabricarea porţelanului electrotehnic. [După V. G. Fedorenko: Vestn. Elektroprom. **31** (1960) 1, 58—59, 1 fig.]

De-a lungul transportorului rulant sînt dispuse prese mecanice şi manuale. Transportorul este echipat cu patru locuri de muncă pentru curăţirea semifabricatului. Locul de muncă se compune dintr-un scaun oscilant, avînd posibilitatea ridicării sau coborîrii lui.

Piesele care urmează a fi glazurate se stanţează la automatele dispuse de-a lungul transportorului. La aceeaşi linie se execută şi piese neglazurate. Toată banda rulantă este deservită de doi muncitori.

După uscare, izolatoarele se supun operaţiilor mecanice de curăţire, apoi se glazurează şi intră din nou pe banda rulantă pentru uscarea pe transportor.

Bucşele şi celelalte piese, avînd forme de corp de revoluţie, se curăţă prin mijloace umede. Produsele cu configuraţie complexă se formează în starea finală pe banda rulantă. Trecerea producţiei porţelanului electrotehnic pe banda rulantă a mărit substanţial productivitatea muncii.

A. B.

621.313 *Maşini electrice*

CZ 621.313.001.24

Determinarea reactanţelor supratranzitorii la generatoarele sincrone trifazate. [După A. Baciu: Energetica **7** (1959) 4, 157—166, 4 ref., 8 tab., 8 fig., 23 formule.]

Se prezintă o metodă de ridicare experimentală a reactanţelor supratranzitorii longitudinale x''_d şi transversale x''_q la generatoarele sincrone trifazate, care constă în aplicarea unei tensiuni alternative monofazate la două borne ale statorului (a treia liberă), iar rotorul scurtcircuitat şi în rotaţie lentă. În această situaţie, maşina lucrează în regim de transformator static; dacă se învîrteşte încet rotorul, curentul absorbit de stator va varia între un maxim şi un minim ca şi curentul din circuitul rotoric. Este indicat numărul de parametri necesari ce trebuie măsuraţi pentru a putea determina reactanţele, ca şi factorii ce influenţează asupra lor şi produc erori. Metoda este aplicabilă şi în cazul în care rotorul nu se învîrteşte.

Diferenţa între rezultatele obţinute printr-o alternativă sau alta este minimă pentru reactanţa x''_d ; pentru x''_q este preferabilă folosirea alternativei cu învîrtire lentă a rotorului.

Metoda indicată de autor se poate aplica oricărui generator sincron trifazat, cu condiţia existenţei unei surse de alimentare, a unor aparate de măsură corespunzătoare şi a precauţiunii ce trebuie acordată curentului, care în cazul generatoarelor cu poli înecaţi nu trebuie să depăşească 0,25 I_N .

Fl. T.

CZ 621.313.322 + 325 — 573

Pornirea în compensator sincron a generatoarelor. [După Al. Ionescu: Energetica **8** (1960) 2, 63—66.]

Utilizarea generatorului (în perioada în care turbina este indisponibilă din cauza reviziilor anuale) în regim de compensator sincron permite o reducere a pierderilor în liniile de transport şi îmbunătăţirea tensiunii la consumator. De asemenea, permite a scoate din funcţiune şi a revizui o serie de grupuri slab încărcate din reţea, dar menţinute doar pentru a produce energie reactivă.

Se descrie o metodă de lansare a unor generatoare de 20 000 kW, metodă pusă la punct de un colectiv de la Uzina Grozăveşti. Lansarea compensatorului (un generator decuplat de turbina sa) se face cu ajutorul unui grup turbină-generator, compemsatorul şi generatorul fiind cuplate electric pe o bară, excitaţiile lor fiind independente. Lansarea compensatorului prin metoda frecvenţei şi tensiunii progresive cuprinde următoarele faze: excitarea rotoarelor, pornirea rotorului generatorului cu o viteză mică, progresivă, pornirea rotorului compensatorului, intrarea în sincronism a celor două maşini,

ridicarea turației la valoarea nominală, trecerea excitației mașinilor pe excitatoarele proprii, punerea în paralel cu rețeau.

Se descrie de către autor schema folosită, mașinile și aparatura necesară pentru lansare, ca și dificultățile ce pot apare la unele manevre. Metoda are avantajul că nu solicită mașinile la eforturi mecanice sau termice periculoase.

Utilizarea generatoarelor (în timpul repartiției turbinelor) în regim de compensator are o însemnată eficacitate economică și poate contribui la îmbunătățirea nivelului tensiunilor în rețea.

Fl. T

621.314 *Transformatoare. Redresoare.*

CZ 621.314.222.004

Observații în legătură cu influența proprietății uleiului asupra rezistenței de izolație a transformatoarelor. [După T. Laszlo: Energetica **7** (1959) 12, 483—498, 4 ref., 4 fig.]

După ce se prezintă metodele de determinare a umidității înfășurărilor transformatoarelor, autorul prezintă o serie de observații remarcate cu ocazia reparației transformatoarelor mari. Astfel, la unele transformatoare, uscate în etuvă, rezistența de izolație a scăzut brusc după ce au fost introduse în ulei, rezistența de izolație revenind la valoarea inițială după ce uleiul a fost evacuat din cuvă. De asemenea, la unele transformatoare cu rezistența de izolație slăbită, schimbarea uleiului vechi cu altul a dus la ameliorarea acesteia. Se menționează că rigiditatea dielectrică a uleiului înainte de încercare și după era aceeași.

Autorul ajunge la concluzia că slăbirea rezistenței de izolație se datorește prezenței unor particule în suspensie datorită alterării uleiului, ipoteză susținută de culoarea uleiului mai închisă și indicele de aciditate organică la limita superioară. Cu ajutorul unui dispozitiv s-a determinat rezistivitatea uleiurilor constatîndu-se că în toate cazurile cînd rezistența de izolație a transformatorului a scăzut în prezența uleiului, acesta a avut rezistivități mai mici ca cele normale. Amestecul de ulei nou cu ulei vechi (de aceeași proveniență) duce la înrăutățirea rezistivității.

Influența rezistivității uleiului asupra rezistenței de izolație a transformatorului se explică printr-o schemă electrică echivalentă, rezistența de izolație a stratului de ulei, a stratului de izolant solid și de-a lungul suprafeței izolației solide fiind legate în paralel. Astfel, este suficient ca una singură dintre acestea să fie mică în raport cu celelalte, pentru a influența în mod hotărîtor rezistența de izolație totală.

Întrucît rezistivitatea uleiului nu este normată, autorul propune stabilirea valorii minime admisibile, ținînd seama de valorile minime recomandate pentru rezistența de izolație a transformatoarelor și introdusă în STAS.

Fl. T.

CZ 621.314.6 :621.317.333.8

Solicitarea de impuls cu unde de supratensiune tăiate a transformatoarelor de distribuție de înaltă tensiune. [După J. Jirku și D. Domunski: Elektrotechn. Obz. **48** (1959) 9, 472—478, 8 diagr., 14 ref. bibl.]

Se tratează solicitările izolației în transformatoarele de înaltă tensiune pentru distribuție supuse la unde de impuls și armonice, cercetîndu-se repartiția tensiunii în înfășurarea unui transformator de fabricație curentă prevăzut cu izolație continuă și treptată a bobinei de intrare, cînd eclatorul este montat aproape de transformator și pe conductoarele dinaintea transformatorului. Se examinează influența capacității adiționale asupra micșorării supratensiunii care solicită izolația exterioară și interioară a transformatorului. Se arată apoi rezultatele încercărilor de impuls asupra tipurilor fundamentale de transformatoare cu eclatorul amplasat înaintea transformatorului și se propune o nouă metodă de indicare a unui defect în bobinele de intrare cu izolație continuă supuse la impuls de tensiune cu o undă de impuls și cu o undă armonică.

A.S.

CZ 621.314.63

Cum pot concura redresoarele cu seleniu cu redresoarele cu germaniu și cu siliciu. [După J. Kroczek: Elektrotechn. Obz. **48** (1959) 10, 507—510, 5 fig., 1 tab., 3 ref. bibl.]

Se face o comparație între randamentele optime ale redresoarelor cu seleniu, germaniu și siliciu, scoțîndu-se în relief în special volumele specifice relativ mici ale redresoarelor cu germaniu și cu siliciu, ceea ce se consideră ca cel mai mare avantaj. Se atrage însă atenția asupra unor deficiențe în serviciu ale redresoarelor cu germaniu și într-o măsură limitată și a celor cu siliciu la încărcări extreme cu depășirea distructivă (chiar de foarte scurtă durată) necontrolabilă a temperaturii optime a stratului de trecere. Avantajul mare al redresoarelor cu seleniu este siguranța lor mare în funcționare, iar cele mai multe străpungeri se autorepară. În scopul concurenței reușite cu redresoarele cu germaniu și cu siliciu se propune să se reducă rezistența diferențială a plăcilor de seleniu la 1/10 din valoarea actuală de 1,1 Ω/cm^2, iar pierderile mărite să fie micșorate prin răcire artificială. Se arată numeric că în aceste condiții redresoarele cu seleniu au același volum specific ca și cele cu germaniu.

A.S.

CZ 621.314.6

Noi elemente pentru redresoare comandate [După Balkow J.: Energie und Technik **11** (1959) 4, 111—114, 9 fig., 2 tabele, 6 ref. bibl.]

Dezvoltarea elementelor pentru circuite de reglaj cu elemente de execuție regulatoare permite numeroase montaje, cu o deosebită varietate. Noul program de fabricație al fabricii producătoare cuprinde printre altele amplificatoare magnetice ca elemente de execuție (amplificatoare magnetice ale elementelor de execuție) și ca regulatoare (amplificatoare magnetice reglabile), cum și transductoare cu traductoare. Pentru fixarea unei mărimi impuse sau a unui program impus în timp s-a construit un dispozitiv cu cartele perforate. Toate aceste elemente se remarcă printr-o folosire universală în redresoarele comandate. De exemplu, noua serie de amplificatoare magnetice pentru elemente de execuție cu miezuri din tole orientate a fost prevăzută pentru două domenii de reglaj prin conectarea serie și paralelă a înfășurărilor de lucru. În timp ce pentru redresoare comandate cu tensiune de ieșire constantă este suficientă o jumătate din domeniul de reglaj, alimentarea înfășurărilor de excitație ale mașinilor electrice necesită întregul domeniu. Mărimea de execuție necesară sub formă de curent continuu este dată de un amplificator magnetic reglabil de 10 W. Pentru rezolvarea problemelor de reglaj sînt foarte importante posibilitățile de montare a unui regulator. Se analizează următoarele scheme:

— amplificator magnetic reglabil cu diodă Zener ca etalon de tensiune;

— amplificator magnetic reglabil cu diodă Zener ca etalon de tensiune și limitare de curent;

— amplificator magnetic reglabil cu stabilizator de tensiune;

— amplificator magnetic reglabil cu stabilizator de tensiune, reductor de curent și redresor;

— amplificator magnetic reglabil cu comparația exterioară a mărimilor și stabilizator de tensiune;

— amplificator magnetic reglabil cu comparația exterioară a mărimilor cu două tahomașini;

— transductor de curent continuu;

— dispozitiv de fixare a mărimii impuse cu cartele perforate pentru comanda în timp a contactoarelor sau releelor.

A.S.

621.315 *Transmisia energiei electrice. Linii. Conductoare. Materiale izolante.*

CZ 621.316.1 ; 621.315.2.027.3.004.2—5

Despre determinarea tensiunii și periodicității încercărilor preventive în rețelele de cablu de înaltă tensiune. [După Em. Costin: Energetica **7** (1959) 3, 113—122, 12 ref., 8 fig., 2 tab.].

Normele prevăd încercarea cablurilor aflate în condiții normale de exploatare odată pe an, cu o tensiune redresată

egală cu 5 U_N. Cercetări recente au arătat că aplicarea de scurtă durată a unei tensiuni continue asupra izolației cablului nu o deteriorează dacă tensiunea este mai mică decît tensiunea necesară străpungerii, așa că se poate ridica pragul tensiunii de încercare, fără a îmbătrîni izolația.

Pornind de la o serie de premise cunoscute în literatură, autorul ajunge la o serie de concluzii interesante. Astfel, tensiunea maximă care se poate aplica cablurilor se află între 6—7 U_N, iar valoarea optimă a periodicității încercărilor preventive trebuie determinată după anumite considerente economice. Încercările preventive sînt justificate : economic, numai atunci cînd pot provoca reducerea unor defecte de o valoare mai însemnată decît costul încercării, iar tehnic, după o analiză serioasă a numărului de defecte anuale raportate la numărul de tronsoane de cablu și valoarea energiei nelivrate pentru un efect de cablu.

Fl. T.

CZ 621.315.617.4 : 621.313.048

Lacuri de impregnat lipsite de solvenți. [După P. Nowak și F. Weber : Elektrot. Z.—B., **11** (1959) 10, 409—411.]

Impregnarea clasică a statoarelor și rotoarelor de la mașinile electrice constă în introducerea acestor părți gata bobinate într-o baie conținînd rășini dizolvate, după care urmează uscarea la aer și arderea în cuptor. Avînd în vedere dezavantajele acestui sistem (pierderi, timp îndelungat de lucru etc.) se recurge la rășini poliesterice sau rășini epoxidice, care — la trecerea de la starea lichidă (topită) în stare solidă — nu se descompun și nu prezintă pierderi. După o scurtă analiză chimică a rășinilor utilizate fără solvenți, se tratează cele trei metode de impregnare cu aceste lacuri topite : introducerea — la temperatura ambiantă — a bobinelor în lacul lichid (asemănătoare din punct de vedere tehnologic cu impregnarea prin lacuri dizolvate), turnarea rășinilor de mai sus (poliester și epoxid) peste bobinaje la temperaturi mai ridicate și în sfîrșit, picurarea unor astfel de rășini, inclusiv a unor substanțe solidificatoare peste bobinajele care sînt în stare de rotație și încălzite.

La toate trei metodele de impregnare se insistă asupra sistemului de uscare (solidificare),indicîndu-se și substanțele adăugate pentru diferite scopuri. Articolul încheie cu considerații privind însușirile principale (viteza de uscare, durata de utilizare, contractarea după uscare, îmbătrînirea, rezistența la străpungere etc.) ale rășinilor utilizate la metoda picurării.

G.C.

CZ 621.315.61.027.4 :537.521.7

Dispozitiv pentru înregistrarea proceselor de ionizare la tensiuni pînă la 100 kV. [După M. A. Greisuh și G. T. Messerman : Vestn. Elektroprom. **31** (1960) 1, 33—36, 6 fig. 2 ref. bibl.]

Studierea proceselor de ionizare este foarte importantă pentru determinarea corectă a gradienților de lucru.

Principiul de lucru al instalației constă în detectarea descărcărilor de înaltă frecvență care se produc în incluziunile gazoase ale dielectricului, prin amplificarea și oscilografierea lor.

Instalația descrisă se compune dintr-un transformator de tensiune de 100 kV, tip I OM/100. Întrucît încercările detectează producerea efectului Corona la flanșa izolatorului acestui transformator la tensiunea de 30 kV, izolația izolatorului a fost întărită. Pentru eliminarea fenomenului Corona și la cablul de înaltă tensiune s-a construit un dispozitiv special de ecranare.

Amplificatorul se compune dintr-un receptor radiofonic de prima categorie, iar oscilograful folosit este de tipul EO-4. Pentru capacitatea dielectricului măsurat în limitele 500—1 000 pF, schema are sensibilitatea maximă în diapazonul undelor lungi (150 Hz) și cum radioreceptoarele au sensibilitatea maximă pe undele lungi (700—1 600 m), încercările se efectuează în acest diapazon.

Pentru precizia măsurătorii se cere determinarea tensiunii de conturnare în însăși instalația de ionizare. Pentru aceasta, în locul condensatorului de încercat se interpune un condensator de aceeași capacitate, însă la care se știe că tensiunea sa de ionizare este mult superioară tensiunii nominale a instalației.

Pentru obținerea unor elemente comparative — paralel cu determinarea tensiunilor de ionizare cu instalația de mai sus — s-a efectuat determinarea acelorași tensiuni și prin metoda variației pierderilor dielectrice (tg δ) în funcție de tensiune. Rezultatele obținute arată sensibilitatea mărită a metodei descrise față de metoda măsurării pierderilor dielectrice.

A.B.

CZ 621.315.017.7

Temperaturile limită pe liniile electrice supraîncărcate. [După F. Fabinger : Elektrotechn. Obz. **48** (1959) 10, 514—528, 10 diagr., 3 tab., 8 ref. bibl.]

Tehnica avansată pretinde ca metodele de calcul și celelalte metode folosite în uzine și în institutele de proiectare să fie mereu cît mai precise și cît mai concordante cu rezultatele cercetărilor științifice. Numai astfel construcțiile și proiectele pot fi cît mai desăvîrșite din punct de vedere tehnic și economic, putînd suporta concurența chiar pe piețele străine. Dezvoltarea industriei mecanice cehoslovace după război arată că metodele de producție din întreprinderi se adaptează la stadiul actual al științei și al tehnicii mai repede și mai elastic decît metodele de proiectare. Într-o anumită măsură, acest lucru este cauzat și de studiul prescripțiilor și standardelor, care în unele cazuri au rămas în urma mediei mondiale. Se arată cîteva lipsuri ale prescripțiilor privind încărcarea conductelor electrice și se arată o cale pentru ameliorare, prin care s-ar obține economii de metale neferoase și s-ar reduce cheltuielile de investiții pentru instalații electrice. Pornind de la variația duratei de viață a instalațiilor electrice cu temperatura de serviciu după publicația lui Montsinger din 1930, se deduc relații teoretice care servesc la determinarea încărcării admisibile trecătoare, de lungă durată sau de scurtă durată. O analiză a prescripțiilor și standardelor în vigoare arată că limitele de temperatură valabile pentru supraîncărcarea de scurtă durată a conductelor electrice izolate pot fi considerabil extinse.

A.S.

CZ 621.316.93 : 551.594.221

621.316 *Întreruptoare. Dispozitive de protecție*

Elemente ale protecției împotriva supratensiunilor, necesare bazei modelării pentru studiul comportării stațiilor, la supratensiuni atmosferice. [După Mihail Ilie : Energetica **8** (1959) 2, 69—75, 4 ref., 10 fig.]

Calculele analitice făcute pentru a găsi cel mai indicat loc de instalare a descărcătoarelor, ca și determinarea distanței admisibile între descărcător și elementul cel mai scump din schemă (transformatorul) sînt complicate și cer mult timp ; folosirea modelelor permite a rezolva în mod simplu diferitele probleme de apariție a supratensiunilor în rețea. Astfel, la sectorul de raționalizări energetice de la Energoreparații București, s-a realizat o masă pentru modelarea supratensiunilor de natură atmosferică. Impulsul folosit : amplitudine 500 V, iar forma 1/50 μ s.

Se descriu metodele de bază ale modelării elementelor schemei stației și se dau exemple pentru fiecare în parte (descărcător, modelarea rețelelor cu constante uniform repartizate, modelarea undelor de supratensiune pe linie etc.).

Datele obținute sînt apropiate de cele analitice ; astfel, pentru stațiile electrice la apariția unei supratensiuni, se poate aprecia cu o eroare de 15—20% gradul de protecție. Modelarea stației permite alegerea variantei celei mai economice și eficace la efectul supratensiunilor ; de asemenea, se poate stabili distanța maximă admisibilă între descărcător și transformator.

Fl. T.

CZ 621.316.57 :621.315.1.013.62

Încercarea întreruptoarelor la întreruperea liniilor lungi în regim de mers în gol. [După I. Panek, V. Novotnii, G. Moravova : Vestnik Elektroprom. **31** (1960) 1, 40—45, 9. fig., 7 ref. bibl.]

În scopul eliminării dificultăților mari care survin la încercarea directă a întreruptoarelor în linii, se folosește metoda

încercării în laborator. Se prezintă rezultatele lucrărilor efectuate în laboratorul de încercări ale puterilor de rupere din R. Cehoslovacă.

În acest sens se construieşte schema echivalentă pe baza analizei teoretice a proceselor tranzitorii care au loc la întreruperea liniilor lungi în regim de mers în gol. Pentru verificarea experimentală a rezultatelor analizei teoretice, se elaborează analizorul proceselor tranzitorii de comutaţie, al cărui principal element este modelul electronic al întreruptorului. Analizorul conţine de asemenea modelul electric al reţelei de alimentare şi al liniei întrerupte cu valorile corespunzătoare ale inductanţelor, capacităţilor şi rezistenţelor porţiunilor separate ale reţelei. Astfel se studiază o linie cu o lungime de 200 km, compusă din 24 ramuri cu schema echivalentă în π şi cu scara rezistenţelor şi a frecvenţelor de 1/1.

Într-o astfel de schemă echivalentă se încearcă un întreruptor cu ulei puţin, de 110 kV, 2 500 MVA. Oscilogramele obţinute dovedesc posibilitatea practică a folosirii conturului echivalent pentru încercările de laborator.

A.B.

CZ 621.316.933.3.015.51

Asupra dispersiei tensiunilor de străpungere ale descărcătoarelor tubulare la frecvenţa industrială. [După E. V. Kalini: Vestn. Elektroprom. **31** (1960) 1, 30—33, 3 fig., 2 ref. bibl.]

Este necesară cunoaşterea limitelor dispersiei tensiunilor de străpungere ale descărcătoarelor la frecvenţa industrială, în special pentru instalaţiile moderne de foarte înaltă tensiune, întrucît descărcătoarele destinate protecţiei faţă de supratensiuni atmosferice nu permit trecerea energiei care ia naştere la ivirea supratensiunilor din interior şi din această cauză probabilitatea intrării în funcţiune a descărcătorului în aceste condiţii este foarte mică.

Dispersia tensiunilor de străpungere ale spaţiului de scînteiere ale descărcătoarelor încercate faţă de valoarea medie aritmetică a exemplarului respectiv se efectuează prin metoda statisticii matematice. Se studiază influenţa numărului descărcătoarelor asupra probabilităţii declanşării unuia din ele.

A.B.

CZ 621.316.933.3.015.54

Descărcătoare de 220, 330 şi 500 kV pentru protecţia faţă de supratensiuni atmosferice cu stingerea magnetică a arcului. [După V. P. Saveliev: Vestn. Elektroprom. **31** (1960) 1, 24—30, 12 fig., 2 ref. bibl.]

Descărcătoarele magnetice de 220, 330 şi 500 kV pentru protecţia faţă de supratensiuni atmosferice sînt mai eficiente decît descărcătoarele obişnuite tubulare, datorită folosirii spaţiilor de scînteiere cu arcul rotindu-se în cîmpul magnetic.

La aceste descărcătoare rezistenţele de lucru se compun din discuri din vilit cu diametrul de 150 mm, iar curentul de însoţire este limitat la 150 A.

Se prezintă metodica de studiere a capacităţii de stingere a arcului în interspaţii şi anume pe baza măsurării valorii rigidităţii dielectrice restabilite a interspaţiilor unitare Rezultatele obţinute se prezintă în diagrame.

Descărcătoarele au o construcţie de tip suport cu dispunerea în zig-zag a elementelor de-a lungul carcasei. La tensiunile de 220, 330 şi 500 kV corespund respectiv 6, 9 şi 12 rezistenţe de lucru.

Încercările se efectuează după normele CEI. Încercarea calităţilor de stingere a arcului se face cu ajutorul unui generator de 15 MW. O serie de încercări se efectuează la o tensiune de străpungere de 3,5 kV pe interspaţiu unitar. Curentul de scurtcircuit variază în limite de la 400 la 2 000 A, stingerea arcului efectuîndu-se la impulsuri de 250 A în timp de 300 µs. În total se efectuează 139 încercări de acest gen.

În continuare se prezintă încercările la: stabilitate termică, stabilitate la vibraţii şi la tensiunea de străpungere.

A.B.

CZ 621.316.923

Alegerea valorii fuzibilelor, selectivitatea protecţiei şi curentul de limitare în timpul scurtcircuitului. [După R. Winder: Bull. ASE **50** (1959) 3, 97—101, 4 fig., 5 ref. bibl.]

Siguranţele uzuale din reţelele de joasă şi înaltă tensiune constituie elemente de protecţie foarte economice şi prezintă, faţă de întreruptoare, avantajul că limitează curentul de scurtcircuit. Cum interpretarea comportării siguranţei în acest timp scurt este o problemă complexă, autorul îşi propune să pună la dispoziţia celor din exploatare, datele necesare pentru ca aceştia, cunoscînd datele reţelei sau ale transformatoarelor, să facă o alegere corectă a siguranţelor.

Se analizează apoi situaţia în care unui transformator i se face protecţia (la sarcină nominală sau suprasarcină), cu fuzibile pe partea de joasă şi înaltă tensiune. De exemplu, în cazul unei protecţii selective alegerea fuzibilului de înaltă tensiune se face cu ajutorul unei nomograme simple. (Cunoscînd curentul I_p din înfăşurarea de înaltă tensiune a transformatorului şi tensiunea de scurtcircuit, se determină pe a treia axă valoarea siguranţei de ales.) La stabilirea nomogramei s-a folosit o formulă empirică:

$$I_{nf} = a \left[\frac{I_{pt}}{\varepsilon} \right]^{\frac{2}{3}}$$

în care: I_{nf} este curentul nominal al fuzibilului, a — o constantă, ε — tensiunea de scurtcircuit, iar I_{pt} — curentul primar nominal al transformatorului.

Definind apoi „curentul de limitare" şi dificultăţile ce apar la calcularea lui, se indică cu ajutorul altor nomograme modul de alegere a fuzibilelor în cazul unor circuite comune sau circuite ale unor staţii de încercări. Curenţii de limitare citiţi după aceste nomograme sînt apropiaţi de cei rezultaţi din încercările de laborator.

Fl. T.

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. dr. ing. Pl. Andronescu, prof. dr. ing. I. S. Antoniu, prof. dr. ing. A. Avramescu, membru corespondent al Academiei R.P.R. (redactor responsabil), ing. V. Bunea, laureat al Premiului de Stat, prof. dr. ing. V. Corlăţeanu, ing. Şt. Grosu, conf. ing. Gh. Hortopan, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. G. Lazaride, prof. dr. ing. R. Rădulet, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat.

Revista „ELECTROTEHNICA", organ al Asociaţiei Ştiinţifice a Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. şi al Ministerului Industriei Grele. Editor: Asociaţia Ştiinţifică a Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. Redacţia: Bucureşti, Str. Ion Ghica, nr. 3. Telefon 16.78.78. Administraţia şi Casieria: Bucureşti, Calea Victoriei, nr. 118. Telefon 14 06 24. Redacţia îşi rezervă toate drepturile privind lucrările precum şi materialul grafic-ilustrativ apărut în revistă, cît şi privitoare la traducerea în limbi străine. Se admit extrase, referate sau comentarii numai cu indicarea completă a sursei. Revista apare lunar. Abonamentul anual: pentru întreprinderi lei 100, individuale lei 30. Preţul unui exemplar: lei 5. Abonamentele se primesc la administraţia revistei, la sediile filialelor ASIT, precum şi la responsabilii cu presa din cercurile ASIT. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinetele tehnice în contul nostru de virament: Publicaţiile Tehnice ASIT-070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin Bucureşti. Tiparul: Întreprinderea Poligrafică Nr. 2. — c. 2140.

OMSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR 1883

SOMMAIRE

Les lumineuses perspectives d'avenir ouvertes par le 3e Congrès du Parti Ouvrier Roumain pour l'économie nationale de notre patrie.
Electrotehnica *8* (1960) 7, 125—228

CD 621.312(498) Klement Gottwald
Iancovici V. : **L'entreprise „Klement Gottwald" — unité importante de notre industrie électrotechnique en plein essor**
Electrotehnica *8* (1960) 7, 229—232

CD 621.316.925.44.001.24
Cosmin Gh., Tomoioagă R. : **Contributions au calcul des relais thermiques pour la protection des moteurs.**
Electrotehnica *8* (1960) 7, 233—243

Pour la solution des cas pratiques d'utilisation des lamelles bimétalliques on démontre une relation qui donne la flèche du bimétal en fonction de la température à une force antagoniste donnée, relation qu'on vérifie par des expériences. On introduit la notion de température équivalente, ce qui permet d'étudier la relation directe entre le courant traversant la lamelle bimétallique et la flèche de celle-ci. Enfin, en se basant sur les relations établies on constitue une méthode pour déterminer les dimensions des relais thermiques pour la protection des moteurs, liée aux conditions techniques standardisées.

CD 621.316.57.066.6.004.6 ;621.398
Barbu I. : **Dispositif électronique pour la commande des appareils de commutation à l'essai d'usure.**
Electrotehnica *8* (1960) 7, 243—246

L'amélioration de l'appareillage de commutation se fait à la suite des conclusions qui résultent de l'exploitation et des essais de celui-ci. Les dispositifs réalisés permettent la commande des appareils de commutation aux essais d'usure mécanique, électrique, de la capacité de rupture, de la soudure des contacts, ainsi qu' à l'essai de l'usure aux contacts. Le réglage des cycles de connexion, ainsi que celui de la durée relative de connexion, se fait par la commutation de quelques résistances chimiques de faibles puissance.

CD 621.318.134.538.23
Ivaşcu V., Rosenberg M., Tanach V., Cîrlan L. : **Noyaux magnétique de férrite pour applications dans la radiotechnique, l'automatique et les télécommunications. (Ferrites à cycle de hystérésis rectangulaire)**
Electrotehnica *8* (1960) 7, 247—254

Les travaux des recherches entrepris par l'Institut des Recherches Electrotehniques (ICET) ont permis l'élaboration de noyaux des ferrites à cycle hystérésis rectangulaire, pour les circuits de mémorisation par coïncidence et des circuits de commutation dans la télécommande. On décrit les procédés expérimentaux appliqués et les résultats obtenus. On a étudié l'influence de la composition chimique, de la forme et des dimensions des noyaux, ainsi que les conditions du traitement thermique sur les performances magnétiques.

POUR LE JEUNE INGÉNIEUR
CD 518.4 ;621.3
Avramescu A. : **Les avantages de l'emploi des nomogrammes dans l'électrotechnique.**
Electrotehnica *8* (1960) 7, 254—258

On montre que les nomogrammes permettent une économie de temps de certains cadres de haute qualification, dans tous les cas quand un calcul doit être souvent répété. Les ingénieurs des instituts où l'on établit des projets et ceux des exploitations industrielles peuvent bénéficier largement des avantages que leur offrent les nomogrammes, c'est à dire le calcul rapide, l'inversement de la formule et l'établissement rapide des influences d'un paramètre.

RAPPORTS, 258
COMPTES RENDUS, 259—260
DOCUMENTATION, 261—264

CZ 621.3.01/.09 **ELECTROTEHNICA GENERALĂ**

CZ 621.3.014 ; 537.226

Vajda, Gy. :

Calcularea circuitelor dielectrice în construcţiile electrotehnice. Mérés és Automatika **7** (1959) 7, 173—178.

CZ 621.3.064.1 ; 621.316—923

Rauch, W. :

Limitarea curentului în caz de întreruperea scurtcircuitelor cu ajutorul siguranţelor. Elektrotechn. Z.—A. **80** (1959)16, 543—547.

CZ 621.312 **INDUSTRIA ELECTRICĂ**

CZ 621.312.00/.57.518.4

Ignácz, P. :

Modele şi maşini de calculat în slujba ridicării nivelului tehnic al industriei electrotehnice. Elektrotechnika (R.P.U. **52** (1959) 5—6,193—208.

CZ 621.313 **MAŞINI ELECTRICE**

CZ 621.312—54 ; 621.313.333—212

Linie automată pentru producerea axelor electromotoarelor. Machinery **95** (1959) 2439, 213—220.

CZ 621.313.15.047.6

Astakov, N. V. :

Zgomotul periilor în micromotoare monofazate cu colector. Elektricestvo **80** (1959) 9, 46—50.

CZ 621.313—71 ; 551.510.3

Liebe, W. :

Influenţa densităţii aerului (înălţimii deasupra mării) asupra răcirii maşinilor electrice. Siemens-Z. **33** (1959) 9, 575—577.

CZ 621.313.333.016.1

Pavlásek, F. :

Cuplurile tranzitorii într-un motor asincron cu rotorul blocat Elektrotechn. Obz. **48** (1959) 8, 410—415.

CZ 621.313.2.002.2

Hopferwieser, W. :

Construcţia maşinilor de curent continuu. Schweiz.Techn. Z. **55** (1959) 35, 701—710.

CZ 621 313.333.017.3.001.1

Linkons, C. E. :

Calcularea pierderilor în fier în proiectarea motoarelor de inducţie de putere fracţionară. Trans. AIEE III, Power App. & Syst. **78** (1959) 42, 175—178.

CZ 621.313—526.025.3

Fransua, A. :

Teoria servomotorului trifazat cu rotorul în formă de pahar Mérés és Automatika **7** (1959) 7, 184—192.

CZ 621.313.333—57

Picozzi, V. J. :

Factori care influenţează pornirea motoarelor de inducţie mari. Trans. AIEE III Power App. & Syst. **78** (1959) 42, 401—407

CZ 621.313.333.017

Alger, P. L., Angst, G., Davies, E. J. :

Pierderi prin dispersie în sarcină la maşinile de inducţie polifazate. Trans. AIEE III, Power App. & Syst. **78** (1959) 42, 349—357

CZ 621.314.1/.3 **TRANSFORMATOARE ELECTRICE**

CZ 621.314.2 ; 621.317.333.8

Jirku, J., Domansky. D. :

Solicitarea cu unde de impuls tăiate a transformatoarelor de distribuţie de înaltă tensiune. Elektrotechn. Obz. **48** (1959) 9, 472—478.

CZ 621.314.2.001.24 ; 518.5

Weber, H. J., Gallousis, G. :

Maşinile de calculat modifică concepţia proiectării transformatoarelor. Trans. AIEE III, Power App. & Syst. **78** (1959) 42, 215—218.

CZ 621.314.2.001.24 ; 518.5

Spurway, M. A. :
Un program pentru proiectarea transformatoarelor de putere cu ajutorul mașinilor de calcul.
Engineering **188** (1959) 4870, 73—74

CZ 621.315.614.64 ; 621.314.2

Fabre, J. :
Legile de degradare ale hîrtiei impregnate cu ulei în transformatoare.
Bull. Soc. Franç. Electr. **9** (1959) 103, 409—418.

CZ 621.315.5 CONDUCTOARE ELECTRICE

CZ 621.315.592 ; 621.315.617.1

Houser, V. :
Vopsele semiconductoare folosite în mașinile electrice.
Elektrotechnik (C.S.R.) **14** (1959) 10, 318.

CZ 621.315.61/.62 MATERIALE IZOLANTE

CZ 621.315.616.96 ; 621.315.2

Braqiu, S. M. :
Un studiu al rigidității dielectrice a izolației cablurilor aerstiroflex printr-o metodă statistică.
Elektricestvo **60** (1959) 9, 78—83

CZ 621.315.61.015.51

Riabov, B. M. :
Determinarea tensiunii de descărcare distructivă 50 %.
Elektricestvo (1959) 9, 84—88.

CZ 621.316.1 DISTRIBUȚII

CZ 621.316.11.014.3 ; 621.314.2.072.2

Horák, K. :
Calcularea scurtcircuitelor la schimbarea diferitelor rapoarte de transformare ale transformatoarelor.
Elektrotechnik (C.S.R.) **15** (1959) 9, 281—282.

CZ 621.316.3/.5 APARATAJ

CZ 621.316.35.017.7

Kresadlo, Z. :
Un control termic al sarcinii admisibile a barelor colectoare
Elektrotechn. Obz. **48** (1959) 9, 457—462.

CZ 621.316.54/.57.027.3 ; 537.523.3

Mukutonomi, T. :
Măsurarea descărcărilor corona la aparatajul și izolatoarele de înaltă tensiune.
Siemens-Z., **33** (1959) 8, 509—516

CZ 621.316.57.064.31

Hochrainer, A. :
Progresele în problema tensiunii restabilite (scurtcircuitul apropiat, metoda celor patru parametri).
Elektrotechn. Obz. 48 (1959) 8, 395—400

CZ 621.316.13.014.3 ; 621.316.57.064.3

Skuderna, J. E. :
Metode X/R pentru determinarea întreruptoarelor de putere
Trans. AIEE, III Power App. & Syst. **78** (1959) 42, 328—338.

CZ 621.317 TEHNICA MĂSURILOR ELECTRICE

CZ 621.317.329 ; 621.316.11

Feist, K. H. :
Folosirea băii electrolitice pentru proiectarea prizelor de pămînt și alte probleme din proiectarea rețelelor.
Siemens-Z. **33** (1959) 7, 444—450

CZ 621 317.43. ; 621.3.042

Krug, W. :
Măsuri asupra tolelor electrotehnice în laborator și în cursul fabricației.
Elektrotechn. Z.-A. **80** (1959) 17, 593—599.

CZ 621. 318.4 INDUCTOARE

CZ 621 318.3.012

Pekker, I. I. :
Criterii pentru compararea și alegerea electromagneților.
Elektricestvo **80** (1959) 9, 58—61.

CZ 621.318.5 RELEE

CZ 621.318.5.012

Helmrich, H. :
Diferențe de principiu între sistemele magnetice polarizate și nepolarizate pentru relee.
Elektrotechn. Z.—A. **80** (1959) 16, 536—541

C I T I Ț I

publicațiile editate de
Institutul de Studii Romîno-Sovietic
al Academiei Republicii Populare Romîne

Analele Romîno-Sovietice, seriile:

Metalurgie
Matematică-Fizică
Chimie

Revistele de Referate, seriile:

Fizică
Chimie
Matematică

Biblioteca Analelor Romîno-Sovietice, seria

Tehnică

Buletinul de informare științifică

Abonamentele se primesc la oficiile P. T. T. R. factorii și agenții poștali, difuzorii de presă din intreprinderi și instituții și direct la Institutul de Studii Romîno-Sovietic, București str. Gutenberg, nr. 3 bis, raionul Lenin, tel. 14.54.49.

E 2040

OROSZ·MŰSZAKI·KÖNYVTÁR·
1883

HOTĂRÎREA

COMITETULUI CENTRAL AL PARTIDULUI MUNCITORESC ROMÎN ŞI A CONSILIULUI DE MINIŞTRI AL REPUBLICII POPULARE ROMÎNE CU PRIVIRE LA RIDICAREA NIVELULUI TEHNIC AL PRODUCŢIEI

HOTĂRÎREA

Comitetului Central al Partidului Muncitoresc Romîn şi a Consiliului de Miniştri al Republicii Populare Romîne cu privire la ridicarea nivelului tehnic al producţiei

In anii regimului de democraţie populară s-au înregistrat succese însemnate în industrializarea socialistă a ţării, în ridicarea nivelului tehnic al producţiei. Înfăptuirea progresului tehnic s-a obţinut prin construirea de fabrici şi uzine înzestrate cu utilaje moderne, prin reutilarea întreprinderilor existente cu maşini, agregate şi instalaţii de un înalt nivel tehnic, fapt care a contribuit în măsură însemnată la creşterea producţiei, a productivităţii muncii şi la realizarea de economii prin reducerea cheltuielilor de producţie.

Numai în anii 1956—1959 au fost construite un număr de 101 întreprinderi noi, 93 de secţii noi, iar 294 de întreprinderi au fost reutilate şi dezvoltate.

Nivelul tehnic ridicat al maşinilor, agregatelor şi instalaţiilor produse în ţară sau importate cu care au fost înzestrate întreprinderile industriale a contribuit în mare măsură la creşterea de peste trei ori a producţiei industriale şi la dublarea productivităţii muncii în perioada 1950—1959.

Au fost construite pe baza unei tehnici avansate obiective industriale importante pentru economia naţională ca secţia de furnale noi, laminorul de 650 mm, blumingul şi noua oţelărie Martin de la Combinatul siderurgic-Hunedoara, oţelăria de la Reşiţa, laminorul de ţevi de la Roman, termocentralele Borzeşti şi Paroşeni, uzinele „Iosif Rangheţ"-Arad, uzinele „Tudor Vladimirescu"-Bucureşti, fabrica de rulmenţi de la Bîrlad, uzinele „Electroputere"-Craiova, Combinatele chimice de la Govora şi Năvodari, fabrica de fire şi fibre sintetice de la Săvineşti, reactorul atomic, complexele pentru industrializarea lemnului de la Brăila, Gălăuţaşi şi Tg. Jiu, complexul de la Chiscani şi încă multe altele.

Înzestrarea cu utilaje de înaltă tehnicitate, extinderea mecanizării şi adîncirea specializării producţiei la uzinele „Ernst Thälmann"-Oraşul Stalin, au dus în anul 1959 la creşterea productivităţii muncii cu 25 la sută faţă de anul 1958 obţinîndu-se totodată şi o îmbunătăţire a calităţii produselor.

Realizarea noii instalaţii de fabricare a semicocsului prin procedeul în pat fluidizat a dus la reducerea preţului de cost cu 15—20 la sută şi reducerea investiţiei specifice de circa 4 ori faţă de vechile instalaţii.

Introducerea în exploatare a noilor instalaţii de foraj 4—LD proiectate şi fabricate la un nivel tehnic înalt de industria constructoare de maşini din ţara noastră, a dus la mărirea vitezei de foraj şi la reducerea preţului de cost cu peste 20 la sută faţă de rezultatele ce se obţin cu vechile tipuri de instalaţii.

La noua unitate industrială pentru fabricarea de plăci aglomerate din lemn de la Brăila, utilată cu maşini la nivelul tehnicii moderne şi unde procesul de producţie este complet mecanizat, se realizează un indice de folosire a masei lemnoase de aproape 2 ori mai mare decît la celelalte unităţi de prelucrare a lemnului.

Creşterea nivelului tehnic al producţiei s-a obţinut şi prin introducerea sau extinderea unor *noi procedee tehnologice* în întreprinderile industriale. Astfel, în industria petroliferă s-au introdus forajul cu turbina, fisurarea hidraulică, desalinarea electrică, ş.a. ; în industria constructoare de maşini — turnarea în forme întărite cu bioxid de carbon, sudura automată sub flux, călirea prin curenţi de înaltă frecvenţă, precum şi alte procedee tehnologice avansate, care au dus la creşterea productivităţii muncii, îmbunătăţirea calităţii producţiei şi la economii materiale şi băneşti.

Introducerea tehnicii noi în ramurile economiei naţionale a dus de asemenea la *valorificarea superioară a materiilor prime, materialelor şi combustibilului.*

Toate acestea demonstrează că *acolo unde procesul de producţie se bazează pe realizările actuale ale ştiinţei şi tehnicii, nivelul productivităţii muncii este superior, iar preţul de cost pe unitatea de produs este mult mai redus faţă de locurile de producţie unde tehnica nouă nu a fost încă introdusă.*

La ridicarea nivelului tehnic de producţie, o contribuţie însemnată o are *industria constructoare de maşini a ţării noastre, care a reuşit să satisfacă din punct de vedere al volumului şi al sortimentelor cea mai mare parte a necesităţilor economiei naţionale,*

în plină dezvoltare. În anii 1950—1959 s-au fabricat peste 500 tipuri de mașini și instalații noi, multe dintre acestea fiind de nivel tehnic ridicat ca : instalații de foraj, tractoare, strunguri, nave maritime și fluviale, turbo suflante, utilaj minier, mașini și aparate electrice și altele.

De asemenea se află în curs de asimilare în vederea fabricării de serie locomotiva Diesel-electrică de 2 100 CP, cargoul de 4 500 tone, noi tipuri de motoare Diesel, precum și alte noi tipuri de mașini, agregate și utilaje.

Progrese importante s-au obținut și în celelalte ramuri industriale. Astfel, în industria chimică s-au construit și sînt în construcție o serie de obiective industriale de mare capacitate pentru valorificarea superioară a resurselor de materii prime din țară (gaz metan, produse petroliere sare, stuf) prin fabricarea de cauciuc sintetic, îngrășăminte chimice, detergenți, mase plastice, fibre și fire sintetice etc.

Creșterea producției și a nivelului tehnic au determinat creșterea exportului de produse industriale în perioada 1950—1959 de 2,5 ori ; exportul de mașini și utilaje a crescut în această perioadă de aproape 9 ori, iar cel de produse chimice de 2,4 ori.

Progresul tehnic în toate ramurile economiei naționale se înfăptuiește pe baza traducerii în viață a hotărîrilor Partidului Muncitoresc Romîn și guvernului Republicii Populare Romîne cu privire la industrializarea socialistă a țării.

Succesele obținute în domeniul ridicării nivelului tehnic al producției și al îmbunătățirii calității produselor se datoresc muncii entuziaste a maselor de muncitori, ingineri și tehnicieni, mobilizați de organele și organizațiile de partid pentru introducerea în producție a celor mai noi cuceriri ale tehnicii și științei, pentru folosirea deplină a capacităților de producție pentru organizarea superioară a producției, în vederea ridicării necontenite a productivității muncii și scăderii prețului de cost, creșterii acumulărilor socialiste, dezvoltării continue a economiei naționale și ridicării bunăstării oamenilor muncii.

Ajutorul multilateral acordat țării noastre de către Uniunea Sovietică și colaborarea cu celelalte țări ale lagărului socialist au avut un rol important în creșterea nivelului tehnic al producției.

În domeniul ridicării nivelului tehnic al producției mai există însă o serie de lipsuri, în unele cazuri rezultatele obținute nefiind pe măsura posibilităților create.

Astfel, menținerea în producție a mașinilor învechite, ca și lipsa de preocupare a unor beneficiari și constructori de a pune în fabricație utilaje cu indici ridicați și de a moderniza produsele existente, precum și insuficienta documentare și dezvoltare a serviciilor de proiectare, insuficienta pregătire tehnologică a fabricației, ca și lipsa de standuri de probă, au dus la executarea unor produse industriale cu caracteristici tehnice depășite în comparație cu nivelul tehnicii moderne, gabarite și greutăți specifice prea mari și consumuri ridicate de materii prime, metal, combustibil.

Deficiențe se constată și în ceea ce privește pregătirea tehnologică a fabricației unor produse noi. De multe ori s-a trecut la fabricația în serie a unor produse ale căror prototipuri nu erau omologate în prealabil, sau nu aveau pregătite documentația și echipamentul tehnologic necesar, ca, de exemplu, troleibuzul fabricat de uzinele „Tudor Vladimirescu" și tramvaiul „V-53" pus în fabricație la uzinele „Electroputere" Craiova. Aceasta se datorește îndeosebi faptului că activitatea serviciilor constructorului șef, tehnologului șef și a atelierelor de prototipuri și de sculărie din unele întreprinderi nu s-a ridicat la nivelul cerut de actuala dezvoltare a tehnicii producției.

Ministerul Industriei Grele nu s-a preocupat în mod corespunzător de problemele de organizare, de asigurarea cu cadre calificate și dezvoltarea birourilor de proiectare ale constructorului șef și a birourilor de pregătire tehnologică din uzine. De asemenea nu a dotat întreprinderile cu suficiente standuri de probă, ceea ce creează dificultăți în asigurarea controlului caracteristicilor tehnice ale produselor respective.

Deficiențele se datoresc și faptului că unii beneficiari nu cunosc și nu studiază realizările pe tărîm mondial în privința utilajelor, mașinilor și instalațiilor specifice ramurii lor, acceptînd sau chiar cerînd punerea în fabricație a unor tipuri de mașini depășite de realizările tehnicii moderne.

De asemenea unii beneficiari nu studiază din timp necesitățile pe care le au și prezintă cereri urgente de fabricație a unor utilaje și — ca urmare — termenele acordate întreprinderilor producătoare sînt prea scurte și nu permit respectarea tuturor condițiilor de pregătire. Astfel, din cauza termenului scurt de asimilare, o serie de mașini agricole ca semănătoarea de porumb, grapa cu colți reglabili și altele au fost puse în fabricație fără o pregătire corespunzătoare.

Asemenea lipsuri au făcut ca în unele cazuri să se fabrice produse de calitate inferioară, cu durabilitatea redusă, ceea ce a dus la risipă de materiale și de manoperă și a făcut necesare, pentru satisfacerea acelorași cerințe, cantități mai mari de astfel de produse.

Au existat și mai există lipsuri și în privința stabilirii proceselor tehnologice și alegerii instalațiilor la noile secții și întreprinderi. În unele cazuri s-au construit și pus în funcțiune instalații scumpe, fără ca procesul tehnologic și utilajele respective să fi fost experimentate și omologate, ceea ce a dus la dificultăți de exploatare, la produse de calitate inferioară și, ca urmare, la prețuri de cost ridicate. Astfel, defecțiunile instalației pentru decuprarea cenușilor de pirită de la uzinele „P. Poni"-Valea Călugărească se datoresc faptului că aceasta a fost proiectată și executată înainte ca procesul tehnologic să fie omologat.

La introducerea și dezvoltarea tehnicii noi în economia națională o contribuție însemnată revine activității de cercetări tehnico-științifice desfășurate în întreprinderi și institutele de cercetări și proiectări.

Partidul și guvernul au asigurat an de an pentru activitatea de cercetare științifică o bază materială din ce în ce mai largă.

În ultimii 10 ani a fost cheltuită din bugetul de stat pentru cercetările științifice suma de 6 miliarde lei.

Datorită condițiilor create de regimul democrat-popular, activitatea de cercetare științifică din țara noastră a obținut în ultimii ani rezultate îmbucurătoare.

Oamenii de știință au elaborat soluții practice în domeniul modernizării proceselor tehnologice, îmbunătățirii calității producției, contribuind astfel la creșterea producției, a productivității muncii și la reducerea cheltuielilor de producție.

S-a elaborat de către Centrul de cercetări metalurgice al Academiei R. P. Romîne procedeul pentru fabricarea cărămizilor refractare forsteritice.

Prin introducerea în producție a metodei pentru dezbismutizarea plumbului, elaborată de Institutul de cercetări metalurgice, s-au realizat economii anuale de circa 30 milioane lei.

Cu toate realizările obținute, activitatea științifică desfășurată atît la Academia R. P. Romîne cît și la institutele de cercetări ale ministerelor nu este la nivelul eforturilor materiale făcute de statul nostru democrat-popular și la nivelul cerințelor construcției socialiste.

Principalele forțe științifice din țara noastră sînt orientate într-o măsură insuficientă spre rezolvarea problemelor actuale ale industriei, agriculturii, transporturilor și construcțiilor.

Ministerele utilizează în mod nesatisfăcător institutele de cercetări științifice pentru rezolvarea unor probleme importante ale introducerii tehnicii noi în producție, pentru elaborarea de mașini, utilaje și agregate de mare productivitate și pentru îmbunătățirea proceselor tehnologice.

Faptul că activitatea institutelor de cercetări nu este întotdeauna orientată spre rezolvarea problemelor celor mai importante ale producției, iar unele studii și cercetări nu sînt legate de nevoile reale ale producției este oglindit de numărul redus al soluțiilor aplicate în practică ; pe de altă parte, acolo unde soluțiile date de cercetarea științifică s-au dovedit eficace, nu întotdeauna a existat o preocupare suficientă pentru generalizarea aplicării lor.

Astfel, Institutul de cercetări pentru mecanizarea și electrificarea agriculturii a studiat tehnologia de reparație a tractorului I.A.R. care nu se mai produce de mulți ani, iar tractoarele de acest tip existente pe teren sînt scoase treptat din uz. Institutul de energetică al Academiei R. P. Romîne s-a preocupat de studiul energiei solare, problemă care în condițiile actuale nu prezintă urgență pentru economia țării noastre.

La Ministerul Industriei Grele, în decurs de doi ani, din 70 soluții obținute de Institutul de cercetări metalurgice s-au aplicat în producție numai 31, iar din cele 114 soluții date de Institutul de cercetări electrotehnice au fost utilizate doar 43.

Unele departamente, direcții generale și întreprinderi subapreciază problemele progresului tehnic, studiază în mod nesatisfăcător realizările obținute în această privință în străinătate. Se întîmplă cazuri cînd se cheltuiesc bani și materiale și se pierde timp prețios pentru cercetarea unor probleme tehnico-științifice care în străinătate au fost rezolvate și aplicate.

Astfel de cazuri au fost cercetările efectuate la Institutul de cercetări chimice și Institutul de cercetări miniere pentru prăjirea în pat fluidizat a piritelor sărace — a cărei rezolvare a fost obținută din U.R.S.S., prin colaborare tehnico-științifică — sau cercetările executate la Institutul de cercetări electrotehnice, pentru stabilirea tehnologiei fabricării acumulatorilor alcalini, care ar fi putut fi obținută din țările prietene, unde a fost deja rezolvată.

Paralelismele în cercetare și lipsa de profilare a unităților de cercetare științifică au dus la irosire de fonduri și de timp, la risipirea pe un front larg a cadrelor de cercetători și, ca urmare, la o slabă eficiență a cercetărilor științifice.

Astfel, Institutul de studii și cercetări hidrotehnice studiază probleme de hidraulică paralel cu Întreprinderea de cercetări și studii energetice din cadrul Ministerului Industriei Grele. Tot pentru cercetări în domeniul hidrotehnicii există o secție în cadrul Institutului de mecanică aplicată al Academiei R. P. Romîne. Cu cercetările în domeniul feritelor se ocupă în prezent trei institute de cercetări. Cercetări în domeniul metalurgiei se efectuează la Institutul de cercetări metalurgice al Ministerului Industriei Grele cît și la centrul de cercetări metalurgice al Academiei R. P. Romîne.

Propaganda tehnico-științifică și sistemul de informare asupra realizărilor tehnico-științifice din țară și străinătate nu sînt organizate la nivelul actual cerut de introducerea tehnicii noi în toate ramurile economiei naționale. Întreprinderile folosesc prea puțin documentarea tehnică. Unele reviste științifice și tehnice se ocupă prea puțin de problemele actuale ale progresului tehnic, dau puține soluții practice și în mică măsură fac cunoscute realizările noi în știință și tehnică.

O frînă în introducerea tehnicii noi o constituie menținerea în mod nejustificat în procesul de producție a unor mașini și utilaje cu caracteristici învechite și cu randament de lucru scăzut. În loc să fie modernizate sau înlocuite cu tipuri noi, de mare randament, aceste mașini sînt folosite în continuare în producție, ceea ce provoacă cheltuieli nejustificate cu întreținerea lor, menține un nivel scăzut al productivității muncii și al calității produselor și un preț de cost ridicat al producției.

La menținerea în producție a unor utilaje, mașini și agregate cu caracteristici tehnice mult depășite astăzi, contribuie și mentalitatea unor cadre din economie, care în loc să lupte pentru modernizarea acestora și înzestrarea tehnică a procesului de producție cu mașini de înaltă productivitate, înlăturînd tot ceea ce e depășit de cuceririle științei și tehnicii, au o atitudine conservatoare, transferă utilaje vechi de la o întreprindere la alta, efectuează numeroase reparații capitale neeconomicoase, provocînd astfel pagube economiei naționale.

Ministerele și departamentele nu studiază în mod sistematic realizările întreprinderilor fruntașe, ale inovatorilor, în privința modernizării utilajului de producție, a perfecționării proceselor tehnologice și nu se ocupă în mod satisfăcător de extinderea largă a experienței dobîndite în această privință în fabrici, uzine și pe șantiere.

În multe cazuri propuneri valoroase ale inovatorilor în producție nu capătă sprijinul cuvenit din partea conducătorilor întreprinderilor și în ministere.

Există o rămînere în urmă și în ce privește introducerea mecanizării și, îndeosebi, a automatizării proceselor de producție. O serie de lucrări grele și cu volum mare de muncă precum și transportul intern din întreprinderi, care reprezintă o pondere însemnată în cheltuielile de producție, sînt încă slab mecanizate. Din această cauză, în unele ramuri, influența mecanizării și automatizării asupra creșterii productivității muncii și reducerii prețului de cost este încă neînsemnată.

Printre cauzele care au dus la ivirea deficiențelor enumerate a fost și lipsa de urmărire a felului cum se realizează sarcinile puse de partid și guvern privind introducerea și extinderea tehnicii noi, precum și unele lipsuri ale sistemului de cointeresare a cadrelor în introducerea tehnicii noi.

★

Construirea economiei socialiste este de neconceput fără realizarea unui înalt nivel al productivității muncii. Factorul cel mai important care determină creșterea productivității muncii este nivelul tehnic al mijloacelor de producție cu care este înzestrată economia națională.

Căile principale ale progresului tehnic sînt mecanizarea, modernizarea și automatizarea complexă a proceselor de producție acolo unde se justifică din punct de vedere economic. Acțiunea de extindere a mecanizării și automatizării producției va trebui să fie intensificată, orientîndu-se spre acele ramuri în care se poate obține cea mai mare eficacitate economică, concretizată prin creșterea producției și productivității muncii, reducerea consumului de materii prime, materiale, combustibil și îmbunătățirea calității.

Este necesar să se continue îndeosebi mecanizarea treptată a lucrărilor grele și cu volum mare de muncă din industria extractivă, a cărbunelui și minereurilor, din exploatările forestiere și din construcții, precum și la lucrările de încărcări și descărcări în transporturi.

O mai mare atenție să se acorde mecanizării muncilor auxiliare, mai ales în transporturile interne din întreprinderi și transporturile între operații, în toate ramurile de producție și în special în industriile prelucrătoare.

Să se introducă și să se extindă treptat automatizarea instalațiilor industriale și în special a acelora cu procese continue de fabricație cum sînt agregatele siderurgice, anumite instalații din industria chimică, alimentară, materiale de construcții, centrale termo și hidroelectrice.

În industriile prelucrătoare trebuie să se introducă în mod treptat și pe bază de plan tehnic mașini automate individuale și linii automate. Întreprinderile și secțiile din industria constructoare de mașini, importante pentru producția de serie și înzestrarea altor ramuri cu agregate și utilaje, să fie dotate, pe bază de plan, cu mașini-unelte cu program, mașini de copiat electronice, linii automate și semiautomate pentru producția de elemente de mașini și piese de mare serie.

De asemenea este necesar să se înceapă studierea și introducerea aplicațiilor chiberneticii prin folosirea mașinilor electronice de calcul sau a altor sisteme de programare electronică, pentru automatizarea complexă a unor procese de producție — de exemplu la rafinării, instalații ale industriei chimice, mașini-unelte — sau pentru automatizarea unor lucrări de calcule economice și statistice.

O preocupare de seamă trebuie să o constituie *introducerea și extinderea pe scară largă a procedeelor tehnologice moderne*, de înaltă productivitate, cu flux continuu de producție, cu folosirea parametrilor înalți.

Este necesar să se dea o atenție deosebită asimilării de *noi materiale* care sînt necesare dezvoltării diferitelor ramuri și care vor permite eliminarea sau reducerea unor importuri, crearea de noi posibilități de export, fabricarea de produse cu caracteristici superioare, înlocuirea unor materiale deficitare etc.

Pentru asigurarea progresului tehnic în toate ramurile economiei naționale, un rol deosebit de important revine *industriei constructoare de mașini*. De calitatea mașinilor, utilajelor și instalațiilor produse în țară depinde în cea mai mare măsură nivelul tehnic al proceselor de fabricație, atît în întreprinderile noi cît și în cele existente care vor fi reutilate și modernizate.

Pentru a-și putea îndeplini acest rol, industria constructoare de mașini va trebui să modernizeze mașinile și utilajele rămase în urmă, spre a se ajunge la caracteristici constructive și funcționale superioare, la o durată de funcționare și o siguranță de exploatare corespunzătoare nivelului tehnicii mondiale ; să asimilieze și să producă mașini, utilaje și instalații noi ; să utilizeze materiale cu caracteristici superioare (oțeluri rezistente la coroziune și la temperaturi înalte, materiale sinterizate, materiale plastice, ceramice etc.).

Cercetările științifice din domeniul tehnicii vor trebui să se axeze pe rezolvarea problemelor prevăzute în planul de stat și care sînt strîns legate de sarcinile economice și tehnice, trasate diferitelor ramuri ale economiei naționale.

În vederea sporirii eficienței muncii de cercetare și pentru a se evita irosirea cadrelor de cercetare, va trebui să se pornească de la rezultatele atinse în alte țări și să se folosească în mai mare măsură colaborarea tehnico-științifică cu țările prietene. În același scop este necesară îmbunătățirea coordonării cercetărilor efectuate în institutele Academiei R. P. Române, institutele departamentale și în cadrul învățămîntului superior, pentru lichidarea pa-

ralelismelor inutile în cercetări. Se va acorda o atenție deosebită aplicării neîntîrziate în practică a rezultatelor cercetărilor încheiate.

★

Realizarea sarcinilor trasate de cel de-al III-lea Congres al Partidului Muncitoresc Romîn pentru dezvoltarea economiei naționale în perioada 1960—1965 necesită intensificarea introducerii tehnicii noi — sarcină de cea mai mare importanță pentru industrializarea socialistă a țării — în vederea realizării unei productivități înalte a muncii și reducerii continue a prețului de cost, precum și creării condițiilor necesare unei activități susținute a muncitorilor, inginerilor și tehnicienilor, pentru ridicarea permanentă a nivelului tehnic și calității producției.

ÎN ACEST SCOP COMITETUL CENTRAL AL PARTIDULUI MUNCITORESC ROMÎN ȘI CONSILIUL DE MINIȘTRI AL REPUBLICII POPULARE ROMÎNE

HOTĂRĂSC:

1. — *Se înființează Comitetul pentru tehnica nouă de pe lîngă Consiliul de Miniștri al Republicii Populare Romîne, în scopul îndrumării, coordonării și controlului activității legate de introducerea și extinderea tehnicii noi și pentru asigurarea îndeplinirii directivelor și hotărîrilor Partidului Muncitoresc Romîn și ale guvernului Republicii Populare Romîne în acest domeniu.*

2. — Comitetul pentru tehnica nouă are următoarele atribuțiuni :

a) pregătește și supune spre aprobare Consiliului de Miniștri propuneri asupra principalelor direcții de dezvoltare a tehnicii în toate ramurile economiei naționale în concordanță cu sarcinile de dezvoltare curentă și de perspectivă a economiei ;

b) avizează introducerea în producție a celor mai noi procedee tehnice și controlează activitatea ministerelor și a celorlalte organe centrale, a institutelor de cercetări științifice și tehnice privind introducerea în economia națională a tehnicii înaintate, modul cum respectă hotărîrile partidului și guvernului în domeniul tehnicii noi, precum și felul cum se folosesc fondurile destinate cercetărilor tehnico-științifice ;

c) avizează planurile anuale și de perspectivă privind asimilarea de noi mașini și utilaje, de introducere a procedeelor tehnologice avansate și de intensificare a mecanizării și automatizării proceselor de producție ;

d) avizează planurile privind cercetările tehnico-științifice ale ministerelor, ale Academiei R. P. Romîne și celorlalte organe centrale, urmărind ca tematica cercetărilor să corespundă sarcinilor trasate de partid și guvern cu privire la dezvoltarea economiei naționale și la introducerea tehnicii noi, și ca cercetările să înceapă de la nivelul atins în alte țări, pentru a nu se irosi fonduri materiale și timp cu probleme rezolvate. Analizează modul în care se aplică în producție cercetările încheiate și eficacitatea economică a acestora și asigură ca activitatea de cercetare tehnico-științifică să fie subordonată intereselor actuale ale economiei naționale în introducerea tehnicii noi în toate ramurile de producție ;

e) întocmește și prezintă Consiliului de Miniștri propuneri de măsuri în vederea stimulării introducerii tehnicii noi și de creștere a eficacității economice a cercetărilor tehnico-științifice ;

f) avizează introducerea în fabricație a noilor tipuri de mașini, instalații și utilaje, precum și încetarea fabricării tipurilor învechite ; în acest scop, ministerele și celelalte organe centrale sînt obligate să prezinte Comitetului pentru tehnica nouă studii tehnico-economice ;

g) avizează tipurile și mărcile mașinilor și utilajelor, precum și indicii tehnico-economici ai instalațiilor complexe ce urmează a fi importate ;

h) avizează din punct de vedere al caracteristicilor tehnico-economice mașinile și instalațiile complexe fabricate în țară propuse pentru export ;

i) ajută ministerele în privința activității de unificare și tipizare a elementelor de mașini și a subansamblelor în vederea asigurării interșanjabilității acestora și pentru dezvoltarea producției de mașini, utilaje și instalații ;

j) avizează propunerile ministerelor și celorlalte organe centrale privind profilarea întreprinderilor. Controlează modul cum ministerele înfăptuiesc cooperarea între întreprinderi ;

k) întocmește propuneri pentru îmbunătățirea stimulării inovatorilor și inventatorilor și pentru generalizarea invențiilor și inovațiilor ;

l) îndrumează activitatea de strîngere a materialelor de documentare și informare asupra dezvoltării științei și tehnicii din țară și străinătate ;

m) analizează modul în care ministerele se preocupă de înlocuirea mașinilor și utilajelor cu uzură fizică și morală avansată, care au un randament scăzut, mențin un preț de cost ridicat și dau o producție de calitate slabă ;

n) controlează și îndrumează activitatea Direcției generale pentru energie, metrologie, standarde și invenții.

A). ALEGEREA TIPURILOR DE PRODUSE CARE URMEAZĂ A FI FABRICATE ȘI A CELOR CARE VOR FI IMPORTATE

3. — Produsele de serie precum și unicatele importante pentru economia națională vor fi însușite în fabricație numai după întocmirea prealabilă a unor *studii tehnico-economice* complete.

Aceste produse de serie sau unicate trebuie să corespundă caracteristicilor tehnice ale produselor similare de înalt nivel tehnic realizate în alte țări.

Nomenclatorul acestor produse va fi întocmit de ministere și celelalte organe centrale, avizat de Comitetul pentru tehnica nouă și aprobat de Consiliul de Miniștri.

4. — Studiul tehnico-economic va fi întocmit :

— de către ministerul sau organul central producător, pentru agregatele, mașinile, utilajele, apa-

ratele și produsele care au o utilizare generală, precum și pentru produsele la care acesta este și beneficiar principal ;

— de către ministerul sau organul central beneficiar cu avizul ministerului producător pentru agregatele, mașinile, utilajele, aparatele și produsele specifice ramurii respective.

Studiul tehnico-economic va fi avizat de Consiliul tehnico-științific al ministerului sau organului central care l-a întocmit, și aprobat de către ministru.

La avizarea studiilor tehnico-economice privind produsele pentru export și principalele bunuri de consum, la ședințele consiliilor tehnico-științifice ale ministerelor vor participa și reprezentanți ai Ministerului Comerțului pentru a contribui la asigurarea producerii de către industrie a produselor de calitate corespunzătoare atît pentru export cît și pentru consumul intern.

Pentru produsele ce se propun a fi incluse în planul tehnic de stat, studiile tehnico-economice vor fi aprobate de către Comitetul pentru tehnica nouă.

5. — Studiul tehnico-economic va cuprinde analiza necesităților interne și a posibilităților de export pe o perioadă de circa 5 ani, caracteristicile tehnice și de exploatare în comparație cu performanțele produselor similare din țările industriale avansate, baza de materii prime necesare, analiza posibilităților tehnologice de fabricație, prețul de cost estimat al producției curente, precum și alte date din care să rezulte necesitatea, oportunitatea, urgența și rentabilitatea asimilării produsului respectiv.

Studiul tehnico-economic va cuprinde pentru mașini, utilaje, aparate — tema de proiectare, iar pentru materiale — fie tema de cercetare, fie rețeta de fabricație.

6. — Ținînd seama că *modernizarea produselor constituie o sarcină permanentă a tuturor întreprinderilor și ministerelor,* produsele aflate în fabricație curentă vor fi revizuite din punct de vedere al caracteristicilor tehnico-economice, al consumului de materiale și manoperă și al durabilității lor, pentru a fi aduse la nivelul tehnicii avansate ; propunerile de modernizare vor fi făcute de asemenea pe bază de studii tehnico-economice.

Comitetul de Stat al Planificării, Comitetul pentru tehnica nouă, ministerele și organele centrale vor prevedea în plan mijloacele materiale necesare pentru realizarea acestei acțiuni.

Pentru prima etapă, ministerele și celelalte organe centrale vor prezenta Comitetului pentru tehnica nouă un program de modernizări ale produselor în următorii 2 ani, arătînd concret în ce constă modernizarea, calculul tehnico-economic și planul lucrărilor. Ministerele și celelalte organe centrale vor comunica semestrial Comitetului pentru tehnica nouă și Comitetului de Stat al Planificării rezultatele obținute și prevederile pentru viitor.

7. — Ministerele și celelalte organe centrale vor importa mașini, instalații tehnologice și alte produse importante numai pe baza unor studii comparative a produselor similare din diferite țări, din punct de vedere al caracteristicilor tehnice, al comportării lor în exploatare și al prețului de cost, astfel ca acestea să fie la nivelul tehnic cel mai înalt, de cea mai bună calitate și cu eficiență economică maximă.

B). RESPECTAREA DISCIPLINEI TEHNOLOGICE ȘI ÎMBUNĂTĂȚIREA CALITĂȚII PRODUSELOR

8. — Asimilarea și fabricarea mașinilor și utilajelor noi de serie, precum și a unicatelor importante se va face numai cu aprobarea Consiliului de Miniștri. Nomenclatorul produselor care intră în aceste prevederi se va întocmi de către Comitetul pentru tehnica nouă, în colaborare cu Comitetul de Stat al Planificării pe baza propunerilor ministerelor — și se va aproba de către Consiliul de Miniștri.

9. — Ministerele și celelalte organe centrale, comitetele executive ale sfaturilor populare regionale, al Capitalei R. P. Române și al orașului Constanța, precum și întreprinderile vor veghea ca produsele de serie — mașini, utilaje, instalații, agregate etc. — să se fabrice numai pe bază de documentație tehnică completă, avizată de Comitetul pentru tehnica nouă și de Comitetul de Stat al Planificării.

De asemenea, producția bunurilor de consum să se fabrice pe bază de documentație completă.

Fabricația de serie sau de masă se va începe numai după omologarea prototipurilor și a seriei zero (cap de serie) aprobată de Consiliul de Miniștri.

Ministerele vor lua măsuri pentru elaborarea documentației tehnice și a fazelor de asimilare în fabricație a produselor, potrivit prevederilor prezentei hotărîri.

10. — În cursul asimilării produselor și punerii în funcțiune a instalațiilor tehnologice noi, institutele de cercetări și proiectări care au participat la conceperea acestora sînt obligate să acorde pînă la omologare, asistență tehnică întreprinderilor respective, pentru realizarea caracteristicilor și calității prevăzute de proiect ; institutele de cercetări și proiectări răspund de realizarea caracteristicilor tehnologice a produselor proiectate.

11. — Pentru lichidarea rămînerii în urmă în unele domenii ale tehnicii, se vor lua măsuri pentru dezvoltarea în institute și întreprinderi a capacităților de studii, cercetări și proiectări, în vederea găsirii soluțiilor celor mai moderne și realizării în timpul cel mai scurt a decalajului necesar între proiectare, pregătirea fabricației și execuția produselor.

Pentru îmbunătățirea caracteristicilor constructive ale produselor și perfecționarea proceselor tehnologice, *întreprinderile vor organiza, respectiv dezvolta, ateliere de prototipuri, standuri de probă și laboratoare uzinale de cercetare și experimentare* cu avizul Comitetului de Stat al Planificării și Comitetului pentru tehnica nouă ; în aceste unități se vor executa și experimenta și invențiile și inovațiile care prezintă interes pentru economia națională.

Pentru asigurarea echipării tehnologice corespunzătoare a proceselor de producție, întreprinderile producătoare de mașini, utilaje, aparate și bunuri metalice de consum vor dezvolta în mod corespunzător capacitatea atelierelor de scule, dispozitive, verificatoare, modele și matrițe, prin regruparea mașinilor existente și completarea cu utilaje și instrumente de calitate superioară.

12. — Pentru asigurarea capacității de cercetare și de proiectare necesară, evitarea paralelismului în proiectări de mașini, utilaje și aparate, precum și pentru raționalizarea și tipizarea acestora, Ministerul Industriei Grele va lua următoarele măsuri :

— Avînd în vedere că ridicarea nivelului tehnic al produselor și asigurarea unei calități corespunzătoare depind în primul rînd de serviciile de concepție din fabrici și uzine, va dezvolta *serviciile constructorului-șef și tehnologului-șef* din întreprinderi. Serviciul constructorului-șef are sarcina de a proiecta mașini și utilaje cu caracteristici constructive și funcționale superioare, bazîndu-se pe cele mai noi cuceriri ale tehnicii și pornind de la cele mai perfecționate mașini și utilaje realizate de tehnica mondială. Serviciul tehnologului-șef va urmări aplicarea procedeelor tehnologice moderne care să asigure calitatea produselor și un preț de cost al acestora cît mai scăzut. Pentru realizarea sarcinilor sporite ce le revin, aceste servicii vor fi încadrate cu cei mai buni ingineri și tehnicieni.

— Pentru asigurarea proiectării produselor noi care se fabrică în mai multe uzine, *unitatea de proiectare din uzina principală (coordonatoare) va îndruma și coordona serviciile constructorului-șef și al tehnologului-șef, va urmări executarea sculelor, dispozitivelor și verificatoarelor celorlalte uzine colaboratoare* pentru ca astfel să se asigure ridicarea nivelului tehnic al produselor.

— Va organiza și dezvolta grupe de cercetări și proiectări care să se ocupe de problemele utilajelor termoenergetice (cazane, motoare etc.).

— Va întări sectorul de cercetare din cadrul Institutului tehnologic pentru construcții de mașini și electrotehnice, astfel ca acesta să poată deservi întreprinderile din ramura constructoare de mașini în problemele sectoarelor primare (turnătorie, forje, sudură).

— Va organiza în termen de un an evidența prin fișe a proiectelor de mașini, utilaje și aparate fabricate în unitățile sale și cele ale altor ministere ; de asemenea va organiza evidența proiectelor întocmite în țară sau obținute din alte țări, care nu au fost aplicate, pentru a se evita repetarea proiectării unor mașini și utilaje care au proiecte întocmite în țară sau obținute din străinătate.

Direcția generală pentru energie, metrologie, standarde și invenții va extinde elaborarea de *proiecte-tip pentru elemente de mașini, utilaje, aparate și instalații* și va lua măsurile pentru aplicarea lor. Proiectele-tip pentru mașini, utilaje, aparate și instalații trebuie să fie întocmite la nivelul tehnicii moderne.

— Va asigura îndeplinirea sarcinilor ce revin Direcției de livrări complexe, care are ca obiect :

contractarea cu beneficiarul a livrării întregului volum de utilaje pentru instalațiile și liniile tehnologice complexe ;

coordonarea întocmirii proiectelor de către beneficiar și de către întreprinderile furnizoare, în conformitate cu graficele stabilite și la nivelul tehnic modern ;

stabilirea în colaborare cu beneficiarul și cu direcțiile generale productive din Ministerul Industriei Grele și alte departamente, a listelor de utilaje și aparataj ce se execută în țară și a celor ce se vor aduce prin import, obținînd avizele legale necesare ;

contractarea cu întreprinderile producătoare și cele de comerț exterior a utilajelor și aparaturii necesare ;

urmărirea realizării de către întreprinderi a utilajelor și aparaturii la nivelul tehnic și calitatea prescrisă în proiect ;

urmărirea desfășurării montajului general și a acordării de către întreprinderile furnizoare de utilaje și aparatură a ajutorului tehnic stabilit prin contracte ;

urmărirea modului de funcționare a instalațiilor în perioada de rodaj și a îndeplinirii de către întreprinderile furnizoare a obligațiilor ce le revin pentru asigurarea funcționării optime a instalațiilor livrate.

— Va prelua treptat, în termen de 1—2 ani, de la ministerele beneficiare, proiectarea mașinilor, utilajelor și aparatelor care se produc sau se vor produce în întreprinderile sale. Numai în cazuri excepționale proiectele de execuție ale utilajelor și instalațiilor specifice ale unor ramuri industriale (chimică, materiale de construcții, ușoară etc.) și cu caracter unical se vor putea executa de către beneficiar, cu acordul producătorului de utilaje.

Comitetul pentru tehnica nouă va urmări desfășurarea acestei acțiuni în vederea asigurării continuității și a nivelului tehnic al produselor.

13. — Ministerele și întreprinderile beneficiare, o dată cu comanda, vor preda ministerului producător și tema de proiectare cu toate elementele necesare, precum și orice altă documentație ajutătoare după care să se poată stabili nivelul tehnic al produsului și să se poată întocmi proiectele de execuție.

14. — Pentru asigurarea bunei calități a produselor, reducerea normelor de consum și micșorarea rebuturilor, Ministerul Industriei Grele și celelalte ministere și organe centrale vor extinde fabricarea aparatelor de măsură și control necesare conducerii raționale a proceselor tehnologice și vor asigura întreținerea și repararea acestora. Direcția generală pentru energie, metrologie, standarde și invenții va urmări aducerea la îndeplinire a acestei sarcini, sub conducerea Comitetului pentru tehnica nouă.

C). ASIGURAREA NIVELULUI TEHNIC ÎN SECȚIILE ȘI FABRICILE NOI

15. — La alegerea soluțiilor pentru investiții în unitățile industriale noi și la dezvoltarea întreprinderilor existente ministerele vor lua măsuri pentru adîncirea studiilor tehnico-economice care fundamentează tema de proiectare, în vederea asigurării celui mai înalt nivel tehnic al acestora.

16. — În devizul proiectului investiției respective se vor include și fondurile necesare pentru documentare și experimentare, precum și fondurile pentru perioada de rodaj pînă la atingerea regimului normal de lucru.

În cazul importului de instalații complexe, încheierea contractului economic se va face numai după avizarea de către Comitetul de Stat al Planificării, iar în ce privește nivelul tehnic al instalațiilor respective și de către Comitetul pentru tehnica nouă.

17. — La analiza studiilor, proiectelor și ofertelor din străinătate, ministerele vor lua măsuri pentru verificarea prealabilă a proceselor tehnologice și a funcționării utilajelor la furnizor. Verificarea și funcționarea utilajului se va face cu materia primă prevăzută pentru aprovizionarea instalației.

18. — În scopul ridicării nivelului tehnic al montajului, întreprinderile furnizoare de instalații și agregate principale își vor constitui, după caz, unități de montaj exterior, sau vor acorda, la cererea celorlalte organizații de montaj, asistență tehnică la montarea agregatelor și la punerea lor în funcțiune.

19. — Pentru a asigura, de la început, buna funcționare a întreprinderilor și secțiilor noi, principalele cadre care le vor deservi vor participa la lucrările de montaj ale instalațiilor respective.

D). PROFILAREA ȘI SPECIALIZAREA ÎNTREPRINDERILOR

20. — *Una din condițiile cele mai importante pentru ridicarea nivelului tehnic al producției și pentru îndeplinirea cu succes a sarcinilor de plan o constituie dezvoltarea continuă a profilării și specializării întreprinderilor din toate ramurile economiei naționale.* Deși în ultimul timp s-au obținut anumite realizări în acest domeniu, totuși profilarea și specializarea în producție a întreprinderilor trebuie extinse, ținîndu-se seama că mai sînt încă multe produse care se realizează în paralel, în întreprinderi diferite, cu prețuri ridicate.

În vederea creării condițiilor pentru realizarea de produse de calitate superioară și mai ieftine, ministerele — pe baza studiilor întocmite pentru planul de perspectivă — vor reactualiza profilul de durată al întreprinderilor pe un nomenclator de produse mai restrîns, concentrînd cît mai mult posibil produsele similare sau de același gen, asigurînd prin aceasta și dezvoltarea cooperării între întreprinderile specializate.

Propunerile de profilare ale întreprinderilor vor fi prezentate de către ministere — cu avizul Comitetului de Stat al Planificării și al Comitetului pentru tehnica nouă — spre aprobare Consiliului de Miniștri.

După profilarea întreprinderilor, introducerea și scoaterea unor produse din profilul acestor întreprinderi se va face numai pe bază de studii tehnico-economice avizate de Comitetul de Stat al Planificării și aprobate de Consiliul de Miniștri.

21. — În vederea îmbogățirii sortimentului și dezvoltării producției la necesarul în perspectivă al întregii economii naționale, Ministerul Industriei Grele, în colaborare cu celelalte ministere, va revedea specializarea unor secții și întreprinderi din ramura constructoare de mașini producătoare de ansamble, subansamble și piese tipizate de folosință generală.

22. — În vederea asigurării necesarului de piese turnate și forjate al întregii economii, Ministerul Industriei Grele, în colaborare cu celelalte ministere interesate, vor lua măsuri pentru profilarea și specializarea turnătoriilor și forjelor mai mari.

E). COOPERAREA ÎNTREPRINDERILOR

23. — Pentru ridicarea la o treaptă superioară a cooperării în producție, atît în cadrul unui singur minister cît și între ministere, Ministerul Industriei Grele, Ministerul Industriei Petrolului și Chimiei, precum și Ministerul Industriei Bunurilor de Consum, vor prezenta Consiliului de Miniștri, în termen de 60 zile, un regulament cu privire la cooperarea întreprinderilor în realizarea de mașini, utilaje și instalații tehnologice complexe după principiul uzinei coordonatoare care răspunde de livrarea în termen, de nivelul tehnic și de calitatea întregii instalații.

Regulamentul va prevedea relațiile între uzina coordonatoare și cele cu care cooperează.

Pentru aceasta, uzina coordonatoare va organiza un *consiliu coordonator* și, după necesități, grupe de cercetare și proiectare, precum și unități de montaj exterior.

Consiliul coordonator va fi condus de directorul uzinei coordonatoare ajutat de directorul tehnic sau inginerul șef al uzinei coordonatoare, fiind compus din directorii tehnici sau inginerii șefi și șefii serviciilor de producție ai uzinelor colaboratoare.

Consiliul coordonator va urmări calitatea produselor fabricate, a materialelor folosite, a prelucrării și aspectul exterior al produselor, precum și livrarea în termen a subansamblelor, de la uzinele colaboratoare, pe bază de grafic, astfel încît produsul finit să poată fi livrat la termenul planificat.

Consiliul coordonator analizează prețul de cost pe toate elementele sale și pe toate subansamblele produsului, în vederea reducerii acestuia. Pe baza acestor analize va face propuneri de reducere a prețului de cost ministerelor de resort, care vor da sarcini corespunzătoare întreprinderilor din subordinea lor.

Consiliul coordonator poate lua măsuri în vederea acordării ajutorului tehnic uzinelor colaboratoare, prin punerea la dispoziție a documentației tehnice, a unor procedee tehnologice perfecționate, scule și dispozitive adecvate și la nevoie — prin transfer — chiar a unor utilaje.

24. — Ministerul Finanțelor și Comitetul de Stat pentru Prețuri vor propune Consiliului de Miniștri măsuri cu privire la prețurile cu ridicata ale produselor realizate prin cooperare astfel încît acestea să devină o pîrghie pentru extinderea și intensificarea cooperării în producție.

F). EXTINDEREA MECANIZĂRII ȘI AUTOMATIZĂRII

25. — Ministerele și întreprinderile, pe bază de studii tehnico-economice, vor lua măsuri pentru *extinderea mecanizării lucrărilor grele și cu volum mare de muncă,* introducînd sistemele și utilajele care dau în ramura respectivă cea mai mare eficacitate economică.

26. — Ministerul Industriei Grele va lua măsuri pentru dezvoltarea fabricației utilajelor de mecanizare a transporturilor interne pe bază de proiecte tip în întreprinderile specializate, stabilind o uzină coordonatoare care să execute montajul general al instalațiilor de mecanizare.

27. — Avînd în vedere condițiile materiale care se creează prin însușirea fabricației de semiconductori și de aparatură de automatizare, precum și prin înființarea întreprinderii „Automatica" cu profil complex pentru lucrările de automatizare, ministerele și întreprinderile, în colaborare cu această întreprindere, vor studia și propune introducerea în planurile anuale a lucrărilor de automatizare, în primul rînd a proceselor de producție cu caracter de masă și ciclu continuu.

G. CERCETĂRI, DOCUMENTARE TEHNICĂ

28. — Ministerele vor lua măsuri pentru *aplicarea în producție a rezultatelor cercetărilor tehnico-științifice încheiate,* care au dus la rezultate pozitive și care au fost caracterizate ca atare de consiliile tehnice din ministere și vor urmări aplicarea acestor cercetări în procesul de producție din întreprinderi.

29. — Ministerele, în colaborare cu Institutul de Documentare Tehnică, vor lua măsuri pentru *îmbunătățirea documentației tehnice,* prin procurarea celor mai recente și mai corespunzătoare publicații.

În scopul aplicării cît mai rapide și cu maximum de eficiență a rezultatelor obținute în tehnica modernă, Institutul de Documentare Tehnică va întocmi — la cererea uzinelor — studii aprofundate și de sinteză asupra diferitelor probleme care intervin direct în procesul de producție. Rezultatele acestor studii vor fi predate uzinelor respective sub formă de fișe, alcătuite atît pentru uzul inginerilor cît și la nivelul de cunoștințe al maiștrilor, în vederea aplicării lor pentru ridicarea nivelului tehnic al procesului de producție. Costul acestor lucrări trebuie să fie cît mai redus și va fi suportat din regia generală a întreprinderilor.

Institutul de Documentare Tehnică, în colaborare cu ministerele interesate, va prezenta spre aprobare Consiliului de Miniștri un regulament cu privire la desfășurarea activității organelor de documentare din ministere, instituții și întreprinderi în vederea unei mai bune organizări și coordonări a elaborării și, în special, a folosirii documentației tehnice.

H). MĂSURI PENTRU STIMULAREA INTRODUCERII TEHNICII NOI

30. — Ministerele vor lua măsuri pentru întărirea organizatorică a direcțiilor lor tehnice, asigurînd încadrarea acestora cu tehnicieni de cea mai înaltă calificare.

Direcțiile tehnice din ministere au ca sarcină principală introducerea tehnicii noi.

31. — În ministerele economice, un adjunct al ministrului se va ocupa de problemele introducerii tehnicii noi, care va fi ajutat în această muncă de direcția tehnică și de consiliul tehnic științific al ministerului.

32. — Se vor întări serviciile tehnice din întreprinderi prin încadrarea cu specialiști de înaltă calificare.

Serviciile tehnice se vor ocupa de informarea și documentarea tehnică necesară.

33. — Ministerele, celelalte organe centrale vor asigura ca în posturile de directori ai institutelor de cercetări științifice să fie numite cadre care ocupă un loc de frunte și se bucură de un înalt prestigiu în rîndurile lucrătorilor din domeniul științei. Anual se va face analiza activității institutelor de cercetări științifice ; *aprecierea rezultatelor se va face potrivit îndeplinirii planului de cercetări și gradului de aplicare în producție a lucrărilor terminate.*

34. — Comitetul de Stat al Planificării, Comitetul pentru tehnica nouă, Ministerul Finanțelor și ministerele interesate vor propune Consiliului de Miniștri măsuri în vederea îmbunătățirii și stimulării introducerii tehnicii noi în întreprinderi.

35. — În vederea stimulării orientării celor mai buni ingineri și tehnicieni către munca de concepție, se vor lua măsuri pentru îmbunătățirea retribuirii muncii personalului din serviciile constructorului-șef, tehnologului-șef și metalurgului-șef.

36. — Pentru stimularea colectivelor de muncitori, ingineri, tehnicieni și economiști din întreprinderi, institute de cercetări și proiectări, ateliere de prototipuri, stații-pilot, în realizarea sarcinilor prevăzute în planul tehnic, *se instituie fondul de premiere pentru introducerea tehnicii noi.* Acesta se constituie prin planul anual, pe fiecare minister sau organ central în raport cu importanța sarcinilor planificate pentru anul respectiv, putînd ajunge pînă la 0,5 la sută din fondul de salarii al ramurii, iar pentru industria constructoare de mașini pînă la 1 la sută.

★

Introducerea progresului tehnic în toate ramurile economiei naționale este o sarcină a tuturor oame-

nilor muncii din țara noastră, care cere o intensă activitate organizatorică din partea organelor de partid, de stat, sindicale și de tineret.

Experiența noastră arată că acolo unde introducerea progresului tehnic este condusă de *organizațiile de partid,* se dezvoltă inițiativa creatoare a maselor, se obține o înaltă organizare a producției, iar progresul tehnic devine cauza fiecărui om al muncii.

Organele și organizațiile de partid sînt chemate să conducă lupta pentru asigurarea introducerii continue a progresului tehnic în economia națională, a extinderii mecanizării și introducerii automatizării, să se îngrijească îndeaproape de nivelul tehnic al produselor de care depind calitatea și prețul de cost și să ia atitudine fermă împotriva actelor de formalism și nepăsare față de tehnica nouă, împotriva rutinei și altor atitudini negative care împiedică introducerea și extinderea tehnicii avansate.

Pe baza însușirii unor cunoștințe multilaterale în domeniul realizărilor tehnicii și științei, cadrele de partid și de stat pot și trebuie să conducă acțiunea de perfecționare a proceselor de producție, pentru continua creștere a înzestrării tehnice a muncii și realizarea treptată a mecanizării și automatizării proceselor de producție.

Organele și organizațiile de partid trebuie să exercite un control calificat și permanent asupra felului cum se desfășoară munca de cercetare în întreprinderi, laboratoare și institute, asupra felului cum se realizează sarcina de creștere a nivelului tehnic și de îmbunătățire a calității produselor, precum și asupra modului cum se dezvoltă și se întărește cooperarea între întreprinderi.

Sindicatele au sarcina de a lupta pentru însușirea celor mai noi realizări ale științei și tehnicii și de a se preocupa de creșterea calificării și ridicarea nivelului de cunoștințe tehnice al muncitorilor, maiștrilor, tehnicienilor și inginerilor. Fără continua ridicare a calificării și creșterea cunoștințelor tehnice este de neconceput însușirea tehnicii noi. *În organizarea întrecerii socialiste este necesar ca organele să-și concentreze atenția asupra problemelor de tehnică nouă* ; la încheierea rezultatelor întrecerii socialiste trebuie neapărat să se arate modul cum au fost îndeplinite sarcinile privitoare la introducerea și extinderea tehnicii noi, astfel ca întrecerea socialistă să devină un factor important în lupta pentru introducerea progresului tehnic. Organele sindicale trebuie să se ocupe intens de dezvoltarea mișcării de inovații și raționalizări.

Organizațiile U.T.M. au sarcina de a îndruma tineretul pentru ridicarea calificării la nivelul cerințelor progresului tehnic. Elanul caracteristic tineretului nostru trebuie mobilizat în direcția însușirii tehnicii înaintate și aplicării acesteia în producție.

În centrul preocupărilor organelor și organizațiilor de partid, a or anizațiilor de masă și a tuturor cadrelor din economie trebuie să stea introducerea tehnicii noi, ca un mijloc principal de creștere a productivității muncii, de reducere a consumurilor specifice de materii prime, materiale și combustibil, creșterea calității producției și scăderea prețului de cost în vederea dezvoltării mai departe a economiei naționale și creșterea nivelului de trai al oamenilor muncii din țara noastră.

Comitetul Central al Partidului Muncitoresc Romîn

GHEORGHE GHEORGHIU-DEJ

Consiliul de Miniștri al Republicii Populare Romîne

CHIVU STOICA

I. P. 2, c. 2813

Ingineri și tehnicieni

Revistele tehnice de specialitate, elaborate de Asociația Științifică a Inginerilor și Tehnicienilor, aduc la cunoștință cadrelor tehnice din producție, învățământ, cercetare și proiectare, ultimile realizări obținute în științele tehnice din țară și străinătate.

Apar :

AUTOMATICA ȘI ELECTRONICA
CELULOZA ȘI HIRTIE
ELECTROTEHNICA
ENERGETICA
HIDROTEHNICA
INDUSTRIA LEMNULUI
INDUSTRIA TEXTILĂ
INDUSTRIA UȘOARĂ
METALURGIA ȘI CONSTRUCȚIA DE MAȘINI
PETROL ȘI GAZE
REVISTA CONSTRUCȚIILOR ȘI A MATERIALELOR DE CONSTRUCȚII
REVISTA DE CHIMIE
REVISTA INDUSTRIA ALIMENTARĂ—PRODUSE ANIMALE
REVISTA INDUSTRIA ALIMENTARĂ—PRODUSE VEGETALE
REVISTA MINELOR
REVISTA PĂDURILOR
REVISTA TRANSPORTURILOR
TELECOMUNICAȚII

Un abonament anual pentru ingineri și tehnicieni lei 30, pentru biblioteci, instituții, cabinete tehnice etc. lei 100, prin cont virament nr. 070124 B.R.P.R.-Filiala I. V. Stalin.

Abonamentele se primesc la sediul Consiliului Central A.S.I.T.

București — Calea Victoriei Nr. 118 — Raionul I. V. Stalin — Telefon 14-06-24.

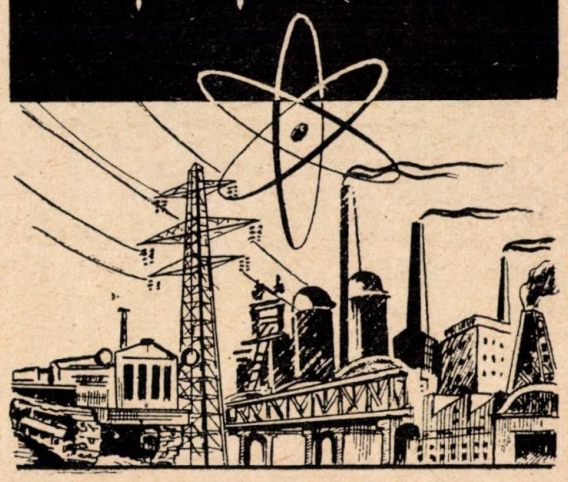
Citiți

TEHNICA NOUĂ

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR

Vă informează săptămînal

ASUPRA ULTIMELOR REALIZĂRI TEHNICE DIN ȚARĂ ȘI STRĂINĂTATE



COSTUL UNUI ABONAMENT ANUAL : 26 LEI

Redacția și administrația : București, Calea Victoriei 118

Telefon 13.27.60 — 14.06.24

I. P. 2. o. 2140

LEI 5

E 2040

REFERATIVA

ELECTROTEHNICA

8

Electrotehnica — Bucureşti ★ Anul 8 ★ nr. 8 ★ p. 265 — 300 ★ august 1960

Dimensionarea bateriilor de condensatoare pentru îmbunătățirea factorului de putere

$$\operatorname{tg}\varphi - \operatorname{tg}\varphi' = \frac{P_c}{P_a}$$

Exemplu :

$P_c = 500$ kVAr, $P_a = 800$ kW, $\cos\varphi = 0{,}6$

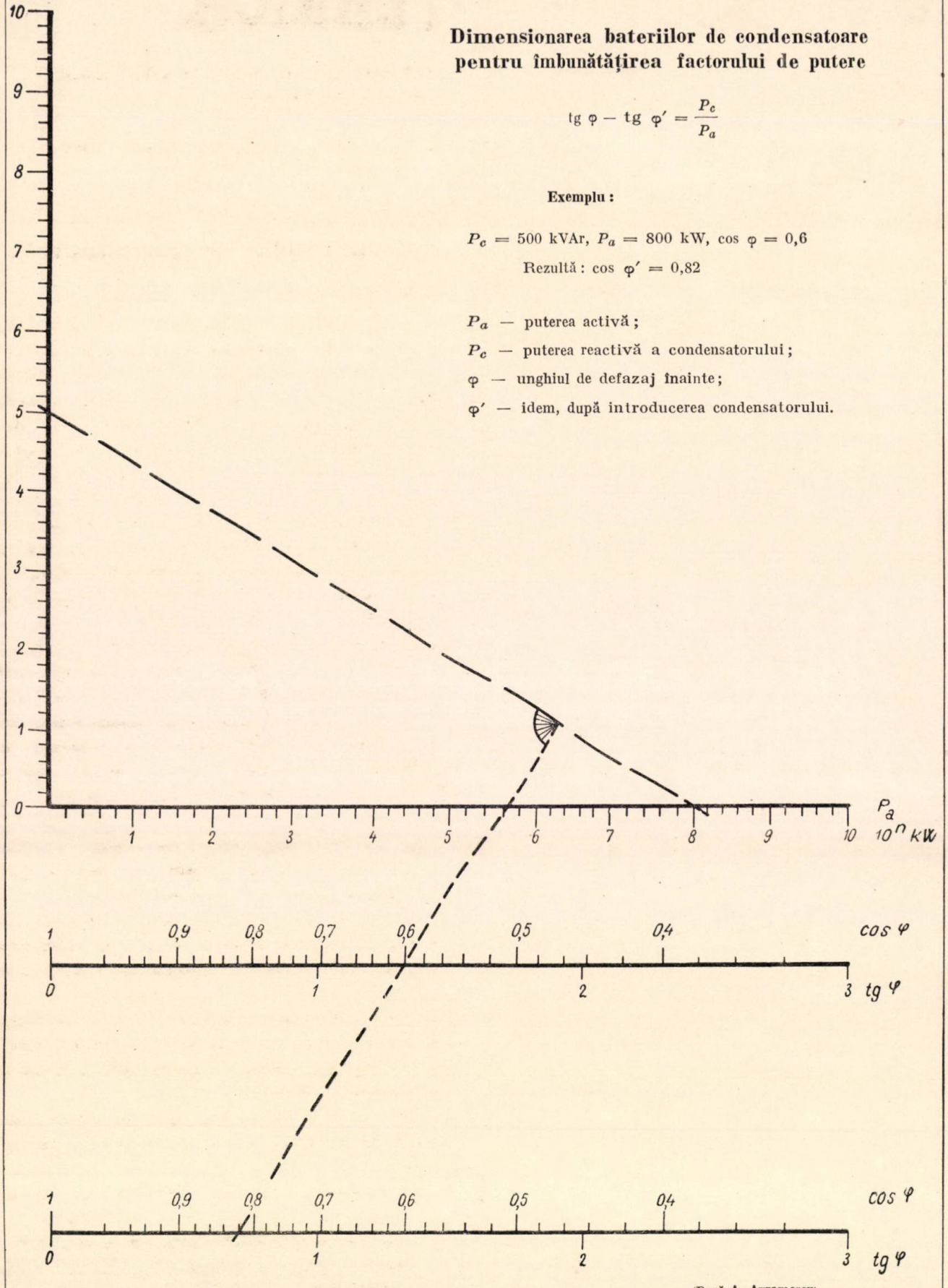
Rezultă : $\cos\varphi' = 0{,}82$

P_a — puterea activă ;

P_c — puterea reactivă a condensatorului ;

φ — unghiul de defazaj înainte ;

φ' — idem, după introducerea condensatorului.



(După **A. Avramescu**)

ELECTROTEHNICA

Anul 8 nr. 8 august 1960

CUPRINS

Pentru ridicarea continuă a nivelului tehnic al producției.

Electrotehnica **8** (1960) 8, 265—267

CZ 621.312.001.12(498)

Crișan I. : **Sarcinile industriei electrotehnice din R.P.R. în lumina Directivelor Congresului al III-lea al P.M.R.**

Electrotehnica **8** (1960) 8, 267—274

CZ 621.312.001.12(498)

Cosmin Gh. : **Realizări și perspective în construcția aparatajului electric de joasă tensiune.**

Electrotehnica **8** (1960) 8, 274—279

CZ 621.316.925.43.001.24

Huhulescu M. : **O metodă de calcul a releelor de curent.**

Electrotehnica **8** (1960) 8, 279—285

Se prezintă o metodă de calcul prin care rezultă numărul de spire necesar, pentru a obține forța de declanșare a aparatului.

Se indică metoda generală de calcul și apoi se întocmește un exemplar de calcul.

Încercările de laborator efectuate pe diferite aparate confirmă justețea metodei.

Prezentarea comparativă a rezultatelor experimentale și pe bază de calcul permite stabilirea preciziei metodei de calcul.

CZ 621.314.2 ; 537.212 ; 621.317.727

Șerbănescu B. : **Determinarea cîmpurilor electrostatice în transformatoare cu ajutorul băii electrolitice.**

Electrotehnica **8** (1960) 8, 286—293

Se prezintă predeterminarea repartiției cîmpurilor laplaciene cu ajutorul băii electrolitice. Se arată bazele teoretice ale analogiei, principiul de funcționare al băii electrolitice, posibilitățile ei de măsură și modelarea diferitelor cîmpuri bidimensionale și tridimensionale cu simetrie de rotație

Se descrie apoi baia electrolitică construită la ICET și se arată repartiția tensiunilor într-un transformator de 20 MVA, 110/38,5/6 kV.

REFERATE, 293—295

RECENZII, 296—297

CRONICA, 298—300

CONTENTS

For the continuons raise of the technical standard of production.

Electrotehnica **8** (1960) 8, 265—266

DC 621.312.001.12 (498)

Crişan I. : **The development of the electrical engineering industry considered in the light of the directives of the 3d Congress of the Rumanian Workers'Party.**

Electrotehnica **8** (1960) 8, 267—274

DC 621.312.001.12 Electroaparataj

Cosmin Gh. : **Ten years'activity of the enterprise „Electroaparataj" and its future prospects within the framework of the six-year plan.**

Electrotehnica **8** (1960) 8, 274—279

DC 621.314.2 ; 537.212 ; 621.317.727

Huhulescu M. : **A method of computing electromagnetic relays.**

Electrotehnica **8** (1960) 8, 279—285

A method is being presented through which one may establish the necessary number of spires for obtaining the force of releasing the apparatus.

The general computing method is indicated, followed by an example of calculation.

The laboratorial tests carried out on different apparatuses verify the rightness of this method.

The comparative presentation of the experimental results with those on basis of calculi allows to establish the accuracy of the computing method.

DC 621.314.2 ; 537.212 ; 621.317.727

Şerbănescu B. : **Determination of the electrostatic fields in transformers with the aid of electrolytic bath.**

Electrotehnica **8** (1960) 8, 286—293

The predetermination of the distribution of Laplacian fields with the aid of electrolytic bath, the theoretical foundations of the analogy, the operation principle of the electrolytic bath, its possibilities of measuring and modelling the various bidimensional and tridimensional fields with rotation symmetry — are shown. The electrolytic bath built at the Electrical Engineering Research Institute ICET is described, the voltage — distribution in a 20 MVA, 110/38,5/6 kV transformer being shown as well.

REPORTS, 293—295

BOOK REVIEWS, 296—297

CHRONICLE, 298—300

СОДЕРЖАНИЕ

За дальнейший подъем технического уровня производства.

Electrotehnica **8** (1960) 8, 265–266.

ДК 621.312.001.12(498)

Crişan I.: **Развитие электротехнической промышленности в свете директив III Съезда РРП.**

Electrotehnica **8** (1960) 8, 267–274.

ДК 621.312.001.12 Electroaparataj

Cosmin Gh.: **Десятилетняя деятельность предприятия „Электроаппаратаж" и перспективы развития в рамках шестилетнего плана.**

Electrotehnica **8** (1960) 8, 274–279.

ДК 621.316.925.43.001.24

Huhulescu M.: **Метод расчета электромагнитных реле.**

Electrotehnica **8** (1960) 8, 279–285.

Дается схема расчета количества витков, необходимого для достижения силы срабатывания прибора.
Приводится общий расчетный метод, иллюстрируемый примером.
Лабораторные испытания проведенные на различных приборах подтверждают правильность метода.
Сравнение опытных и расчетных результатов указывает на точность расчетного метода.

ДК 621.3:4.2 : 537.2:2 : 621.317.727

Şerbănescu B.: **Определение электростатических полей в трансформаторах с помощью электролитической ванны.**

Electrotehnica **8** (1960) 8, 285–293.

Показан способ предварительного определения распределения лапласовых полей при помощи электролитической ванны. Приведены теоретические основы аналогии, принцип работы электролитической ванны, возможность измерения и моделирования различных двух- и трехразмерных полей с вращательной симметрией.
Далее описывается сконструированная ИЧЕТ электролитическая ванна и указывается распределение напряжений в трансформаторе на 20 мгвамп, 110/38,5/6 квт.

РЕФЕРАТЫ, 293–295

РЕЦЕНЗИИ, 296–297

ХРОНИКА, 298–300

SOMMAIRE

Pour le relèvement continu du niveau technique de la production.

Electrotehnica **8** (1960) 8, 265—266

CD 621.312.001.12 (498)

Crișan I. : **Le développement de l'industrie électrotechnique dans la lumière des directives du III-ème Congrès du Parti Ouvrier Roumain.**

Electrotehnica **8** (1960) 8, 267—274

CD 621.312.001.12 Electroaparataj

Cosmin Gh. : **Dix années d'activité de l'entreprise „Electroaparataj" et ses perspectives de développement dans le cadre du plan de six ans.**

Electrotehnica **8** (1960) 8, 274—279

CD 621.316.925.43.001.24

Huhulescu M. : **Une méthode de calcul des relais électromagnétiques.**

Electrotehnica **8** (1960) 8, 279—285

On présente une méthode de calcul par laquelle on détermine le nombre de spires nécessaire pour obtenir la force de déclenchement de l'appareil.

On indique la méthode générale de calcul et l'on donne un exemple de calcul.

Les essais effectués en laboratoire sur divers appareils confirment la justesse de la méthode.

La présentation comparative des résultats expérimentaux avec ceux à base de calcul permet d'établir le degré de précision de la méthode de calcul.

CD 621.314.2 ; 537.212 ; 621.317.727

Șerbănescu B. : **La détermination des champs électrostatiques dans des transformateurs à l'aide du bain électrolitique.**

Electrotehnica **8** (1960) 8, 286—293

On présente la prédétermination de la répartition des champs électriques laplaciens, à l'aide du bain électrolitique. On montre les bases théoriques de l'analogie, le principe de fonctionnement du bain électrolitique, ses possibilités de mesure et le modelage des différents champs bidimensionels et tridimensionels avec symétrie de rotation.

On décrit encore le bain électrolitique construit à l'Institut des Recherches Electrotechniques (ICET) et on montre la répartition des tensions dans un transformateur de 20 MVA, 110/38,5/6 kV.

RAPPORTS, 293—295

COMPTES—RENDUS, 296—297

CHRONIQUE, 298—300

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.
ȘI AL MINISTERULUI INDUSTRIEI GRELE

Anul 8 nr. 8 București, august 1960

Pentru ridicarea continuă a nivelului tehnic al producției

De curînd a apărut în presă Hotărîrea C.C. a P.M.R. și a Guvernului R.P.R. cu privire la ridicarea nivelului tehnic al producției, hotărîre care constituie una dintre sarcinile de bază stabilite de Congresul al III-lea al P.M.R. pentru dezvoltarea economiei naționale.

În raportul prezentat la Congresul al III-lea al P.M.R., tovarășul Gh. Gheorghiu-Dej a arătat că „socialismul asigură un cîmp nelimitat de aplicare a cuceririlor științei și tehnicii. Pentru realizarea unui nivel înalt de creștere a producției, lărgirea continuă a activității economice și social-culturale, reducerea treptată a duratei zilei de muncă sînt necesare un număr tot mai mare de forțe de muncă și sporirea neîncetată a productivității muncii, pe baza introducerii tehnicii noi în toate ramurile economiei și aplicării în practică a cuceririlor științei moderne". Sarcina principală a industriei construcției de mașini este ridicarea continuă a nivelului tehnic, îmbunătățirea calității, creșterea randamentului și a economicității mașinilor și instalațiilor.

În intervalul 1950—1959 producția industrială a crescut de peste trei ori, iar productivitatea muncii s-a dublat. La obținerea acestor rezultate încurajatoare s-a ajuns datorită, în mare măsură nivelului tehnic ridicat al mașinilor, agregatelor și instalațiilor produse în țara noastră sau importate, cu care au fost înzestrate întreprinderile industriale. În anii puterii populare, prin traducerea în viață a politicii partidului nostru de industrializare a țării, masele de muncitori, tehnicieni și ingineri au obținut succese importante în ridicarea nivelului tehnic al producției.

Ajutorul multilateral acordat țării noastre de către Uniunea Sovietică și colaborarea cu celelalte țări ale lagărului socialist au avut un rol însemnat la creșterea nivelului tehnic al producției, la introducerea tehnicii noi.

Pe baza unei tehnici avansate au fost construite obiective importante pentru economia națională, cum sînt: termocentralele Borzești și Paroșeni, uzinele „Electroputere" Craiova, oțelăria de la Reșița, uzinele „Tudor Vladimirescu" București, fabrica de fibre sintetice de la Săvinești, reactorul atomic, complexul de la Chișcani și multe altele.

În cadrul planului de dezvoltare a economiei naționale pe anii 1960—1965, Directivele aprobate de Congresul al III-lea au stabilit sarcini de mare însemnătate pentru lucrătorii din industriile electroenergetică și electrotehnică, după cum urmează:

„Puterea nouă ce se va instala în centralele electrice în perioada 1960—1965 va fi de circa 2300 MW. Se vor construi pînă în anul 1965 peste 23 000 km de linii electrice de transport din care circa 750 km de linii electrice de transport de tensiune foarte înaltă, circa 2 500 km linii de 110 kV și peste 20 000 km de linii de 6 kV, 15 și 35 kV".

„Producția industriei electrotehnice va atinge în 1965 un nivel de 2,5 ori mai mare decît în 1959, corespunzător cerințelor de electrificare în continuare a industriei și a celorlalte ramuri ale economiei naționale, precum și pentru acoperirea cerințelor crescînde de aparate electrotehnice de uz casnic".

„Se va lărgi gama de electromotoare de curent continuu pentru tracțiune și se vor însuși tipuri noi de motoare pentru echiparea mașinilor-unelte, a podurilor rulante ș.a.".

„Se va lărgi sortimentul aparatajului de joasă și înaltă tensiune și a instrumentelor de măsurat".

Construirea economiei socialiste se bazează pe realizarea unui înalt nivel al productivității muncii, pe introducerea în cea mai mare măsură a tehnicii noi în procesul de producție. Căile principale pentru realizarea progresului tehnic

sînt mecanizarea, modernizarea și automatizarea complexă a proceselor de producție.

Introducerea și extinderea pe scară largă a procedeelor tehnologice moderne de înaltă productivitate, cu flux continuu de producție, cu parametri înalți, constituie de asemenea căi ale progresului tehnic. O atenție deosebită trebuie dată asimilării de noi materiale, care sînt necesare dezvoltării diferitelor ramuri și care vor permite eliminarea sau reducerea unor importuri, crearea de noi posibilități de export etc.

În Hotărîre se subliniază, în mod just, că un rol deosebit în introducerea tehnicii noi revine industriei constructoare de mașini și că de calitatea utilajelor, mașinilor și instalațiilor produse în țară, depinde în cea mai mare măsură nivelul tehnic al proceselor de producție.

Hotărîrea stabilește rolul cercetărilor științifice în domeniul tehnicii, cercetări care trebuie să se axeze pe rezolvarea problemelor prevăzute în planul de stat și care să fie strîns legate de sarcinile economice și tehnice, trasate diferitelor ramuri ale economiei naționale. Va trebui să se folosească în mai mare măsură colaborarea tehnico-științifică cu țările prietene și va trebui să se pornească de la rezultatele atinse în alte țări. Prin aceasta se va spori eficiența muncii de cercetare și se va evita irosirea cadrelor de cercetare.

Realizarea sarcinilor trasate de cel de-al III-lea Congres al P.M.R. pentru dezvoltarea economiei naționale în perioada 1960—1965 necesită intensificarea introducerii tehnicii noi—sarcină de cea mai mare iportanță pentru industrializarea socialistă a țării — în vederea realizării unei productivități înalte a muncii și reducerii continue a prețului de cost precum și creării condițiilor necesare unei activități susținute a muncitorilor, inginerilor și tehnicienilor, pentru ridicarea permanentă a nivelului tehnic și calității producției. În acest scop Hotărîrea C.C. a P.M.R. și a Consiliului de Miniștri stabilește o serie de măsuri. Astfel se înființează, pe lîngă Consiliul de Miniștri al R.P.R., Comitetul pentru Tehnica Nouă, cu sarcina de a îndruma, coordona și controla activitatea legată de introducerea și extinderea tehnicii noi și pentru a asigura îndeplinirea Directivelor și Hotărîrilor Partidului Muncitoresc Romîn și ale Consiliului de Miniștri în acest domeniu.

Alegerea tipurilor de produse, care urmează să fie fabricate și acelea care vor fi importate, se va face numai după întocmirea unor studii tehnico-economice complete, astfel ca aceste produse să corespundă caracteristicilor tehnice ale produselor similare de înalt nivel tehnic. Studii tehnico-economice vor fi făcute și în scopul modernizării produselor aflate în fabricația curentă. Aceste produse vor fi revizuite în ce privește caracteristicile tehnico-economice, consumul de materiale și manoperă, durabilitatea, urmărindu-se a fi aduse la nivelul tehnicii moderne.

Hotărîrea arată clar că îmbunătățirea calității produselor se poate face numai prin respectarea disciplinei tehnologice. Fabricația de serie va începe numai după omologarea prototipurilor și seriei zero. Porducția bunurilor de consum se va face pe bază de documentație completă.

Institutele de cercetări și proiectări vor trebui să urmărească, pînă la omologare, produsele la a căror elaborare au participat și să acorde în acest sens asistența tehnică întreprinderilor. În scopul lichidării rămînerii în urmă, în unele domenii ale tehnicii, urmează să se întărească capacitatea de studiu, cercetare și proiectare în institute și întreprinderi. Pentru îmbunătățirea calității produselor și pentru perfecționarea proceselor tehnologice în întreprinderi se arată că trebuie să se organizeze sau să se dezvolte ateliere de prototipuri, standuri de probă, laboratoare uzinale de cercetare și experimentare și să fie întărite acele verigi de care depinde progresul tehnic în întreprinderi și anume serviciile constructorului șef și tehnologului șef.

În scopul asigurării nivelului tehnic în secțiile și fabricile noi se vor lua măsuri pentru adîncirea studiilor tehnico-economice, care fundamentează tema de proiectare.

În Hotărîre se subliniază că una din condițiile cele mai importante pentru ridicarea nivelului tehnic al producției și pentru îndeplinirea cu succes a sarcinilor de plan o constituie dezvoltarea continuă a profilării și specializării întreprinderilor din toate ramurile economiei naționale.

Va trebui să se ajungă la o treaptă superioară a cooperării atît în cadrul unui minister cît și între ministere. În acest scop Hotărîrea prevede măsuri concrete cum sînt regulamentul de cooperare, consiliul coordonator ș.a.

Un accent deosebit se pune pe extinderea mecanizării lucrărilor grele și cu volum mare de muncă. Prin înființarea întreprinderii „Automatica" și prin asimilarea fabricației de semiconductoare se creează condițiile pentru automatizarea în

primul rînd a proceselor de producție cu caracter de masă și ciclu continuu.

Hotărîrea prevede măsuri concrete pentru îmbunătățirea activității de documentare și cercetare tehnico-științifică. Analiza activității institutelor de cercetări științifice se va face anual, iar aprecierea rezultatelor se va face potrivit îndeplinirii planului de cercetări și potrivit aplicării în producție a lucrărilor terminate.

Din analiza atentă a recentei Hotărîri a C.C. a P.M.R. și a Guvernului R.P.R., rezultă sarcina importantă și de mare răspundere, care revine muncitorilor, tehnicienilor și inginerilor din întreprinderi, proiectanților, cercetătorilor, specialiștilor de a fi în permanență la curent cu tot ce știința și tehnica mondială aduce nou, de a folosi larg cunoștințele lor și de a analiza temeinic toate posibilitățile existente în scopul realizării produselor noi și îmbunătățirii continue a calității celor existente.

Trecînd cu elan la înfăptuirea sarcinilor măreție puse de cel de-al III-lea Congres al P.M.R. colaboratorii și cititorii revistei Electrotehnica, ca toți oamenii muncii din țara noastră, își propun ca obiectiv important introducerea tehnicii noi, care stă la baza ridicării productivității muncii, reducerii prețului de cost, fabricării de produse de calitate superioară și făuririi unui înalt nivel de trai pentru întregul nostru popor.

Sarcinile industriei electrotehnice din R.P.R. în lumina Directivelor Congresului al III-lea al Partidului Muncitoresc Romîn

Ion Crișan* – București

CZ 621.312.001.12(498)

Dezvoltarea industriei electrotehnice din țara noastră a reprezentat și reprezintă în continuare un obiectiv important în opera de industrializare socialistă a țării, întreprinsă sub conducerea Partidului Muncitoresc Romîn. Dezvoltarea unei producții proprii de mașini și aparate electrice a contribuit în mare măsură la înfăptuirea acelor succese importante în dezvoltarea multilaterală a economiei, pe care dezbaterile Congresului al III-lea al Partidului le-au scos în evidență; în continuare, planul de dezvoltare a economiei naționale pe anii 1960–65 și schița planului economic de perspectivă pe 15 ani, aprobat de Congres, cuprinde un program măreț de progres rapid și multilateral a industriei electrotehnice în toate acele ramuri ale ei care trebuie să contribuie la înfăptuirea năzuințelor poporului nostru spre progres, bunăstare și înflorirea continuă a patriei noastre socialiste.

Realizările de pînă acum sînt cu atît mai semnificative cu cît înainte de 1948, nu se poate vorbi de o industrie electrotehnică romînească. Cele cîteva mici ateliere de reparații și montaj ocupau numai cîteva sute de salariați, iar nivelul tehnic al preocupărilor lor era foarte limitat. Odată cu luarea puterii de către clasa muncitoare a început, într-un ritm deosebit de rapid, crearea și dezvoltarea acelor unități ale industriei electrotehnice care, în cursul anilor, au devenit cunoscute sutelor de mii de constructori din fabrici și de pe șantiere, și care și-au legat numele de cele mai multe dintre succesele acestora. Dintre numeroasele întreprinderi ale industriei electrotehnice nou create, uzinele „Electroputere" Craiova, care produc utilajul electrotehnic greu, fabricile de motoare „Klement Gottwald", „Electromotor", „Electroprecizie", fabrica de aparataj de joasă tensiune „Electroaparataj", fabrica de aparataj de măsură și echipament pentru telecomunicații „Grigore Preoteasa", fabrica de aparate de radiorecepție „Electronica", precum și multe altele au contribuit prin producția lor la succesele deosebite obținute în toate ramurile economiei naționale, dar mai ales în ramurile industriale hotărîtoare pentru dezvoltarea întregii economii: siderurgia, construcția de mașini, chimia, energia electrică.

Astfel producția de energie electrică care a crescut de la 2,1 miliarde kWh în 1950 la 7,7 kWh în 1960 (de 3,7 ori în 10 ani) a fost distribuită în cea mai mare măsură prin echipamentele (transformatoare și aparataj de înaltă tensiune) fabricat în țară începînd din anii 1949–50. În dezvoltarea industriei petroliere a cărei producție a depășit 11 milioane tone în 1959, o contribuție importantă, au avut-o livrările considerabile de motoare și aparate electrice destinate instalațiilor de foraj și pompare, și ale căror construcții au fost special adaptate condițiilor grele ale exploatărilor petroliere.

O sarcină deosebit de importantă a industriei electrotehnice a constat în asigurarea construcțiilor de mașini cu echipamentul electric necesar pentru acționare și comandă. Creșterea producției industriei constructoare de mașini, care și-a realizat sarcinile celui de-al

* Ing. *I. Crișan*, laureat al Premiului de Stat, este director al Direcției Industriei Electrotehnice din Ministerul Industriei Grele.

doilea plan cincinal cu un an înainte de termen, atingînd în 1960 un volum de 10 ori mai mare decît în 1938, s-a realizat în măsură tot mai mare folosind echipamentul electric fabricat în țară, al cărui sortiment și calitate a crescut din ce în ce mai mult. Echipamentul electric al mașinilor-unelte, utilajului petrolier, liniilor de ciment, automobilelor și tractoarelor, pompelor și compresoarelor și al multor altor grupe de mașini și utilaje și-a cîștigat o bună reputație, atît față de întreprinderile constructoare ale utilajelor respective, cît și față de cei care le exploatează.

În domeniul transporturilor și telecomunicațiilor de asemenea industria electrotehnică a îndeplinit un rol important. Astfel producția centralelor telefonice automate acoperă astăzi în cea mai mare măsură necesarul intern. Prin introducerea în fabricație a unui sortiment complet de aparate pentru centralizarea electrodinamică a căilor ferate, s-au creat condițiile cele mai economice pentru extinderea rapidă a echipării căilor ferate cu aceste sisteme, ale căror avantaje economice sînt bine cunoscute. Astăzi un număr important de stații de pe liniile de mare trafic sînt echipate cu instalații de centralizare electrodinamică fabricate în țară și care funcționează în condiții ireproșabile.

*

Planul pe șase ani (1960—1965) aprobat de Congresul al III-lea al Partidului Muncitoresc Romîn reprezintă pentru toți muncitorii, inginerii și tehnicienii din industria electrotehnică românească un program amplu de desfășurare a capacității lor creatoare. Principalele sarcini constau pe de o parte în asigurarea în măsură din ce în ce mai mare a echipamentelor electrice

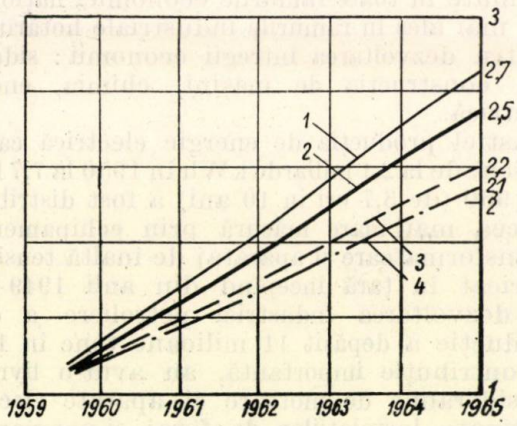


Fig. 1. Diagrama producției în cadrul planului de șase ani:
1 — energie electrică; *2* — mașini și aparate electrice; *3* — construcții de mașini; *4* — total industrie.

de bază necesare dezvoltării celorlalte ramuri ale economiei, în asigurarea acelor mașini și aparate electrice care condiționează ridicarea continuă a nivelului tehnic în toate ramurile economiei; pe de altă parte în introducerea pe scară tot mai largă în munca de concepție și de producție, a cuceririlor celor mai noi ale tehnicii și științei mondiale.

Atenția deosebită care se dă dezvoltării industriei electrotehnice în cadrul planului pe 6 ani rezultă și din analiza sumară a cifrelor de dinamică a volumului de producție. Astfel în timp ce creșterea producției globale pe total industrie are indicele 2,1 (1965 raportat la 1959) creșterea corespunzătoare în industria electrotehnică are indicele 2,5. Această dezvoltare cu precădere este justificată de aportul pe care industria electrotehnică trebuie să-l asigure tuturor celorlalte ramuri, și în special industriei energetice al cărei indice este 2,7.

Pe diferitele grupe de produse dinamica de creștere este desigur diferită și felul în care se pun problemele legate de această dezvoltare este de asemenea diferit.

Astfel în tot domeniul curenților tari, dezvoltarea se bazează aproape exclusiv pe creșterea capacităților de producție a suprafețelor existente, al căror echipament tehnologic urmează a fi modernizat în mod treptat. O sursă importantă a creșterii producției constă în adîncirea și extinderea normalizării subansamblelor, a extinderii seriilor unitare de produse. Astfel în cursul anului 1961 va intra complet în fabricație seria nouă unitară de motoare 0,6—100kW ale cărei dimensiuni de montaj corespund normelor C.E.I. și sînt unificate în cadrul țărilor membre C.A.E.R. În cursul anului 1961 motoarele normale între 100 și 1 000 kW vor fi reconstruite, încadrîndu-se de asemenea într-o serie unitară cu parametri și dimensiuni mult ameliorate. Pe lîngă seriile de motoare pentru macarale și de motoare antigrizutoase aflate în curs de fabicație, este în curs de pregătire o serie nouă de motoare antiexplozive. În felul acesta pentru gama uzuală a motoarelor electrice de uz general și special vom dispune de serii moderne, cu mare adaptabilitate în exploatare și cu largi posibilități de satisfacere rapidă a diferitelor cereri. Producția de motoare va crește pînă în 1965 de 2,4 ori față de 1959.

În domeniul transformatoarelor, instalațiile moderne de care dispune uzina „Electroputere" vor fi completate în ce privește puterea de ridicare a macaralelor permițînd realizarea unor unități din ce în ce mai mari. De asemenea se vor amenaja instalațiile necesare tratări termice a miezurilor fabricate din tablă laminată la rece. Instalațiile de tratare sub vacuum vor fi mărite și vor fi reechipate pentru un vid mai înaintat. Instalațiile de încercări cu undă de șoc vor fi dezvoltate pentru încercarea transformatoarelor de 220 kV.

Sortimentele de aparataj de înaltă tensiune vor fi în întregime reconsiderate. Avem în vedere o lărgire considerabilă a producției, în primul rînd prin introducerea în fabricație a

unei serii noi de întreruptoare automate cu ulei puțin între 6 și 35 kV la nivelul celor mai bune construcții de pe piața mondială, în al doilea rînd prin însușirea fabricației întreruptoarelor automate de 110 și 220 kV cu aer comprimat, construite pe principiul elementelor tipizate.

O dezvoltare importantă este prevăzută în industria de cabluri, care va fi echipată cu utilaj modern, asigurînd în următorii ani acoperirea întregului necesar intern și a unui disponibil pentru export. Dezvoltarea impetuoasă a industriei chimice din țara noastră, va asigura industria de cabluri cu materii prime (mase plastice) moderne în cantități și sortimente îndestulătoare. Producția echipamentelor de telecomunicații va fi dezvoltată ținînd seama de necesarul economiei în continuă creștere. Sarcina cea mai importantă constă în însușirea unei construcții noi de centrală telefonică automată, ale cărei performanțe de exploatare și preț de cost să fie la nivelul celor mai bune construcții similare străine. Se va lărgi de asemenea sortimentul aparaturii fabricate pentru centralizarea electrodinamică a căilor ferate, pentru bloc de linii automat etc. Uzinele „Grigore Preoteasa" vor fi dezvoltate pentru a face față acestui program.

Un obiectiv important al industriei electrotehnice în următorii ani îl reprezintă dezvoltarea în ritm accelerat a industriei radiotehnice. Programul de fabricație care prevede în 1965, 300 000 aparate radiorecepție și 130 000 televizoare, comportă o creștere însemnată a capacităților de producție actuale. Întreprinderea „Electronica" se va dezvolta în mod corespunzător, devenind una din cele mai importante uzine ale industriei electrotehnice.

În dezvoltarea industriei electronice rolul cel mai însemnat îl va avea intrarea în funcțiune, în anii 1961—62 a unei fabrici moderne de piese radio și de elemente cu semiconductoare (diode și tranzistoare), fabrică a cărei construcție a început de curînd.

În legătură cu sporirea de cca. 3 ori a producției bunurilor metalice și electronice de uz casnic, menționăm reorganizarea completă a fabricației, pe principii moderne, pentru frigorifere și mașini de spălat rufe.

Un rol important în acțiunea de ridicare a nivelului tehnic al producției în toate ramurile economiei îi revine întreprinderii nou create „Automatica", în al cărui profil intră proiectarea și montajul instalațiilor complexe de automatizare. Pe măsura amplificării activității acestei întreprinderi, va lua un avînt din ce în ce mai mare producția, în întreprinderile de specialitate, a unui sortiment din ce în ce mai larg de elemente de automatizare, dintre care elementele electronice, folosind în măsură maximă semiconductoarele, vor fi preponderente.

*

Realizarea programului de dezvoltare, a cărui schiță sumară a fost expusă mai sus se bazează și este condiționată de realizarea a numeroase măsuri care privesc *creșterea continuă a nivelului tehnic*, introducerea permanentă în realizările

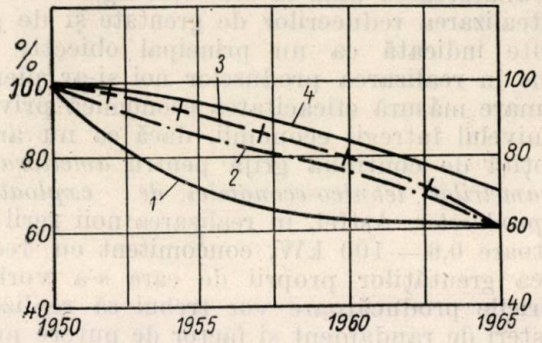


Fig. 2. Evoluția parametrilor economici ai motoarelor electrice de 0,6 — 13 kW:
1 — greutate totală *2* — gabarit (volum); *3* — consum de cupru; *4* — consum de tablă silicioasă.

concrete a cuceririlor celor mai recente ale științei și tehnicii.

Un indice important de evaluare a nivelului tehnic al produselor electrotehnice îl constituie *reducerea gabaritelor și greutăților specifice ale produselor fabricate.* Întreprinderile electrotehnice trebuie să exploateze într-un ritm accelerat și în măsură mai mare decît pînă acum importantele resurse de economii pe care le constituie încă modernizarea pe această cale a produselor existente. Astfel prin modernizarea grupului de sudură de 350 A, recent realizată de întreprinderea „Klement Gottwald", se obține o reducere de greutate de 130 kg pe bucată, ceea ce la nivelul producției anuale reprezintă o economie de 150 t de metal. Prin realizarea aceluiași grup cu turația ridicată la 3 000 rot/min întreprinderea are posibilitatea de a reduce greutatea cu încă cca. 100 kg pe produs. Seria nouă unitară de motoare de la 0,6 — 100 kW a cărei punere în fabricație se efectuează în anii 1960—1961 aduce cu sine reduceri de greutăți specifice și de gabarit de ordinul 10—30% față de construcțiile anterioare. Este de menționat că numai reducerea de greutate cu 10 — 12 kg/buc (20 — 24%) a motorului mediu realizată de întreprinderea „Electroprecizie" prin introducerea în fabricație a seriei unitare noi (în comparație cu motoarele fabricate în anul 1957) reprezintă o reducere a consumului de metal în 1961 cu cca. 800 t. În fabricația noii serii unitare de motoare capsulate între 100 și 1 000 kW uzinele „Electroputere" trebuie să realizeze indici de greutate specifică de ordinul 8 — 10 kg/kW, cu 20% mai reduși decît la construcțiile actuale. Rezerve asemănătoare există în unele construcții de aparataj de înaltă și joasă tensiune. Astfel în construcțiile noi de întreruptoare automate care vor fi fabricate de uzinele „Electroputere" în cursul

anului 1961 greutatea pe MVA a întreruptoarelor de 15 kV se va reduce cu cca. 20%, iar pentru însușirea unei serii noi la cel mai înalt nivel tehnic, programată pentru anii următori acest indice este susceptibil să se îmbunătățească pînă la cca. 0,30 kg/MW.

Realizarea reducerilor de greutate și de gabarite indicată ca un principal obiectiv de atins în realizarea produselor noi și-ar pierde în mare măsură eficacitatea economică privită la nivelul întregii economii, dacă ea nu ar fi însoțită de continua grijă pentru *ameliorarea parametrilor tehnico-economici de exploatare ai produselor*. Astfel, în realizarea noii serii de motoare 0,6—100 kW, concomitent cu reducerea greutăților proprii de care s-a vorbit, fabricile producătoare vor trebui să realizeze creșteri de randament și factor de putere mergînd pînă la 5—10% față de parametrii actuali. În construcția transformatoarelor de forță reducerea considerabilă a pierderilor constituie una din principalele sarcini ale constructorilor de specialitate. În noile tipuri de transformatoare care se vor fabrica în anii 1961—1962 vor trebui realizate reduceri de pierderi față de construcțiile actuale de ordinul 30%. Aceste reduceri însumează pentru producția anuală de transformatoare o reducere anuală de consum de energie în exploatare echivalentă cu producția de energie a unei centrale electrice importante.

Ameliorarea parametrilor calitativi de exploatare trebuie să preocupe în măsură tot mai mare colectivele tehnice din întreprinderile de diferite specialități. Astfel în construcțiile noi sau modernizate de aparataj de joasă tensiune vor trebui realizate construcții cu durată de viață mult mărită față de performanțele actuale (mergînd pînă la 5 și 10 milioane de manevre). În construcția acumulatoarelor cu plumb pînă la finele acestui an vor trebui terminate lucrările privind aducerea acumulatoarelor fabricate la nivelul celor mai bune acumulatoare străine în ce privește durata de viață măsurată în număr de cicluri și comportarea la șoc de curent.

Odată cu continuarea punerii în fabricație a surselor de iluminat moderne și anume a lămpilor cu vapori de mercur de înaltă presiune, producția de lămpi electrice cu incandescență va trebui să-și orienteze întreaga atenție asupra măririi duratei de viață și a măririi randamentului luminos, depășindu-se cu mult parametrii indicați astăzi de STAS. Menționăm că realizarea unei durate de viață sporită cu numai 100 ore față de plafonul actual, indice realizat de unele produse străine, echivalează cu un consum de cca. 1,5 milioane becuri anual.

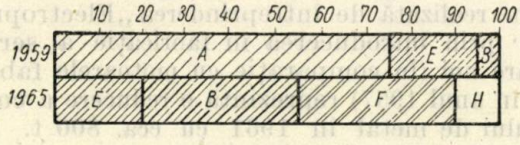


Fig. 3. Folosirea claselor superioare de izolație în construcția mașinilor electrice (în % din volumul producției).

Ameliorarea indicilor tehnico-economici de fabricație și exploatare, în sensul indicat mai sus, se bazează la nivelul actual al construcțiilor electrotehnice, în cea mai mare măsură pe *folosirea materialelor moderne*, în special a materialelor electroizolante și a materialelor magnetice noi. Succesele înregistrate în cursul anului 1960 de unele din fabricile noastre, în special în fabricile de motoare trebuie continuate într-un ritm mult accelerat. În construcțiile noi de mașini electrice se va merge cu consecvență pe linia folosirii din ce în ce mai largă a claselor de izolație superioare prin generalizarea folosirii conductoarelor emailate și izolate cu fire de sticlă, a izolațiilor de crestătură combinate pe bază de folii sintetice, a materialelor pe bază de mică cu caracteristici superioare, a țesăturilor pe bază de sticlă. Încă în cursul anului 1960 conductoarele de bobinaj cu izolație de bumbac vor fi integral înlocuite cu conductoare emailate cu emailuri sintetice în producția de motoare a întreprinderii „Electroprecizie", iar în producția fabricilor „Electromotor" și „Klement Gottwald" utilizarea acestora va deveni preponderentă. În cursul anului 1961 această înlocuire va fi integrală. Conductoarele emailate de clasă de izolație B au început să fie fabricate industrial și producția lor va fi în 1961 mult extinsă. În următorii 2—3 ani folosirea clasei de izolație A va fi complet eliminată în avantajul claselor de izolație superioare. Încă din 1960 ponderea de mașini realizate în clasa B și F se extinde și se va extinde și mai mult în anii următori.

În construcția aparatajului de înaltă tensiune rășinile de turnare vor trebui să se introducă cu mai mult curaj. Deși în 1960 s-au obținut rezultate bune și s-a cîștigat o experiență corectă în folosirea rășinilor de turnare la întreprinderile „Electrofar" și „Electroputere", în alte fabrici nu s-a dat acestei probleme o atenție suficientă. În cursul anului 1961 va trebui pusă la punct fabricația de serie a unor tipuri de transformatoare de măsură cu rășini de turnare și realizate pregătirile tehnice necesare folosirii acestor rășini în construcția motoarelor de tracțiune și a aparatajului de înaltă și joasă tensiune.

Un rol important în această acțiune îi revine Fabricii de Cabluri și Materiale Electroizolante care trebuie să însușească mai repede sortimentul mare de materiale electroizolante moderne. Pe lîngă creșterea cantitativă și calitativă a producției de conductoare de bobinaj pentru clase de izolație superioare, această fabrică trebuie să rezolve problema diferitelor izolații de crestătură noi, a materialelor moderne

pe bază de mică, a unor noi sortimente de lacuri.

În măsură hotărîtoare, progresul tehnic în industria de cabluri este legat de folosirea materialelor moderne de sinteză. Încă în anul 1960 prin punerea în funcțiune a unor noi agregate de extrudere, trebuie să se facă un important pas înainte în realizarea cablurilor și conductoarelor cu manta de masă plastică, din materie primă produsă în țară. O atenție deosebită va trebui acordată însușirii fabricației cablurilor cu izolație de cauciuc butilic, a căror folosire în construcțiile de locomotive, nave ș.a. se extinde din ce în ce mai mult.

Un factor important al progresului tehnic în industria electrotehnică îl constituie folosirea materialelor magnetice noi. Astfel în construcția transformatoarelor de forță se va lărgi mult folosirea tablei silicioase laminate la rece, conducînd la o reducere cu cca. 35% a gabaritului și greutății proprii a transformatoarelor precum și la o importantă reducere a pierderilor. În industria radiotehnică se va extinde fabricația industrială a magneților ceramici anizotropi și a feritelor magnetice moi cu caracteristici superioare.

Anul 1961 este, în industria electrotehnică romînească, un an hotărîtor în ce privește *dezvoltarea producției de aparate electronice*, lărgirea sortimentelor și introducerea tendințelor moderne în construcția acestor aparate electronice. Sarcina principală constă în începerea fabricației unui sortiment vast de piese radio la nivelul celor mai bune piese de pe piața internațională, a începerii fabricației de elemente cu semiconductoare (diode și tranzistoare) a lărgirii considerabile a sortimentului de aparate fabricate pentru marele public precum și organizarea fabricării în serie mare a televizoarelor. Ceea ce este deosebit de important este faptul că aceste sortimente noi trebuie și vor fi realizate la un înalt nivel tehnic, aplicîndu-se pentru prima dată în țară și în proporții industriale cele mai importante dintre tendințele constructive și tehnologice care s-au confirmat în ultimii ani în tehnica mondială de specialitate. Astfel existența încă de la finele acestui an a unei baze proprii de producție pentru tranzistoare face posibilă realizarea încă în cursul anului 1961, a unui volum important de aparate radiorecepție echipate cu tranzistoare.

Marea majoritate a tipurilor noi de aparate de radiorecepție și televiziune vor fi construite cu circuite imprimate care se vor realiza prin procedee moderne în noua fabrică de piese radio. Tipul de televizor care se va fabrica va avea o construcție modernă prezentînd mari avantaje tehnologice și de exploatare. În profilul pieselor de radio care se vor fabrica o pondere importantă o vor avea piesele miniaturizate. Toate aceste obiective reprezintă un considerabil salt calitativ al nivelului tehnic în producția de aparatură electronică din țara noastră.

În construcția aparatajului de joasă tensiune linia modernă a cărei aplicare va trebui extinsă de către întreprinderile de specialitate în următorii ani, constă în punerea la dispoziția beneficiarilor a unui sortiment cît mai larg de *elemente complexe tipizate*, special concepute în vederea realizării în termen scurt și la nivel tehnic ridicat a diferitelor instalații electrice de distribuție, protecție și comandă. Astfel întreprinderea „Electroaparataj" va trebui să lărgească sortimentul, să adîncească tipizarea și să modernizeze construcția tablourilor capsulate și să realizeze noi ansamble tipizate de tablouri destinate diferitelor acționări curente în industrie. Se va organiza fabricația elementelor tipizate de bare și de cutii de racord pentru execuția instalațiilor electrice de forță de tip suspendat, a căror folosire în amenajarea atelierelor industriale moderne se extinde din ce în ce mai mult. Uzinele „Electroputere" vor trebui să dezvolte larg producția de celule prefabricate pentru instalațiile electrice de înaltă tensiune. Extinderea fabricării elementelor complexe tipizate menționate mai sus va contribui la ieftinirea și scurtarea duratei de execuție a instalațiilor electrice în lucrările de investiții, precum și la asigurarea unui nivel tehnic ridicat al acestor instalații.

În construcția diferitelor aparate care echipează schemele de comandă ale agregatelor electrice (controlere ș.a.) *va trebui să se extindă folosirea aparatajului tipizat de serie* (contactoare, întreruptoare automate, relee ș.a.), renunțîndu-se treptat la acționările directe în avantajul schemelor de comandă secundare. Prin folosirea aparatajului tipizat se va îngrădi mult producția în serie mică a acestor aparate, va crește mult seria de fabricație a elementelor tipizate și se vor realiza în același timp parametri de exploatare superiori.

Creșterea accentuată a nivelului de producție în toate ramurile industriei electrotehnice creează și dezvoltă condiții din ce în ce mai favorabile pentru *ridicarea nivelului tehnologic al producției*.

Folosind experiența acumulată în ultimii ani în organizarea fabricației de serie, va trebui să se realizeze un progres important în ce privește extinderea mecanizărilor și automatizărilor în producție. Studiile întocmite pînă în prezent arată că, în următorii ani, în industria electrotehnică se pot crea condiții tehnice și economice pentru un progres rapid în această direcție. Astfel se poate avea în vedere ca folosirea mecanizărilor în operațiile de montaj, prin benzi transportoare, benzi de lucru, conveiere, să crească de la cca. 10% din manopera totală de montaj în 1960, la cca. 45% în 1965, prin extinderea acestor metode în fabricația

de televizoare, aparate de joasă tensiune, motoare electrice, acumulatoare. Prin extinderea utilării proceselor tehnologice de masă şi de mare serie cu linii de fabricaţie cu un înalt nivel de automatizare, ponderea producţiei realizată pe astfel de linii ar urma să crească

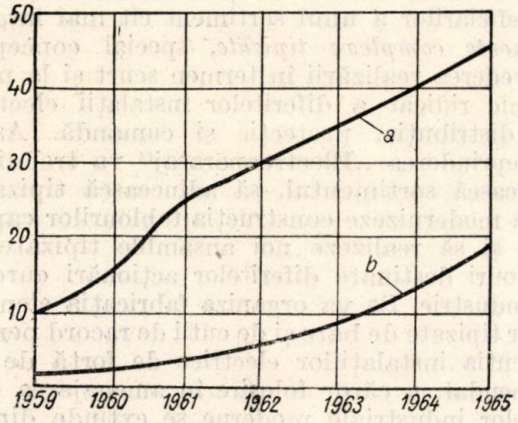


Fig. 4.
a – linii de montaj cu benzi transportoare sau de lucru (în % din volumul manoperii de montaj); *b* – linii de fabricaţie cu grad avansat de automatizare (în % din volumul producţiei).

de la cca. 2% în anul 1960, la cca. 18% în 1965. Modernizarea utilării proceselor de fabricaţie cu linii tehnologice de mare productivitate, cu maşini specializate automate sau semiautomate, trebuie luată în considerare în primul rînd în producţia motoarelor electrice (la stanţarea tolelor, prelucrarea carcaselor, scuturilor şi axelor), în fabricaţia difuzoarelor şi a magneţilor ceramici, în fabricaţia cablurilor cu mase plastice ş.a.

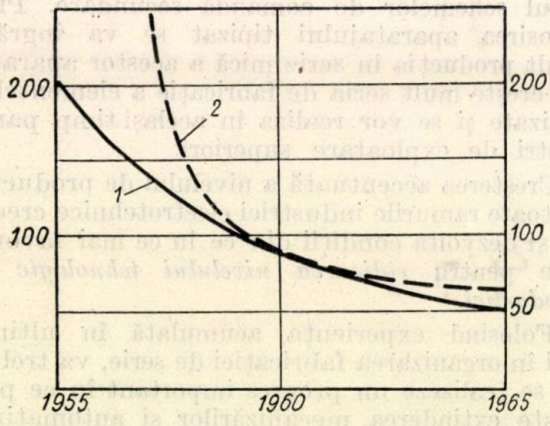


Fig. 5. Evoluţia manoperii specifice la unele produse de serie în % faţă de anul 1959 considerat 100%:
1 – motor asincron normal de 2,8 kW, cu patru poli; *2* – demaror auto.

Totodată vor trebui extinse mult procedeele tehnologice avansate, cu productivitate ridicată, a căror eficacitate economică este deosebit de ridicată în industria electrotehnică. Ne referim la automatizarea sudurii (în special în fabricaţia cuvelor de transformatoare), la turnarea sub presiune, la folosirea pe scară din ce în ce mai largă a materialelor termoplastice în construcţia de aparate.

Ca urmare a acestor măsuri se vor înregistra creşteri de productivitate a muncii pe diferitele grupe de produse variind între 50–100%.

O atenţie deosebită se va acorda — fără îndoială — ameliorării aspectului şi prezentării produselor. În această direcţie continuarea şi generalizarea acţiunii începute în unele fabrici privind realizarea unor ateliere moderne de

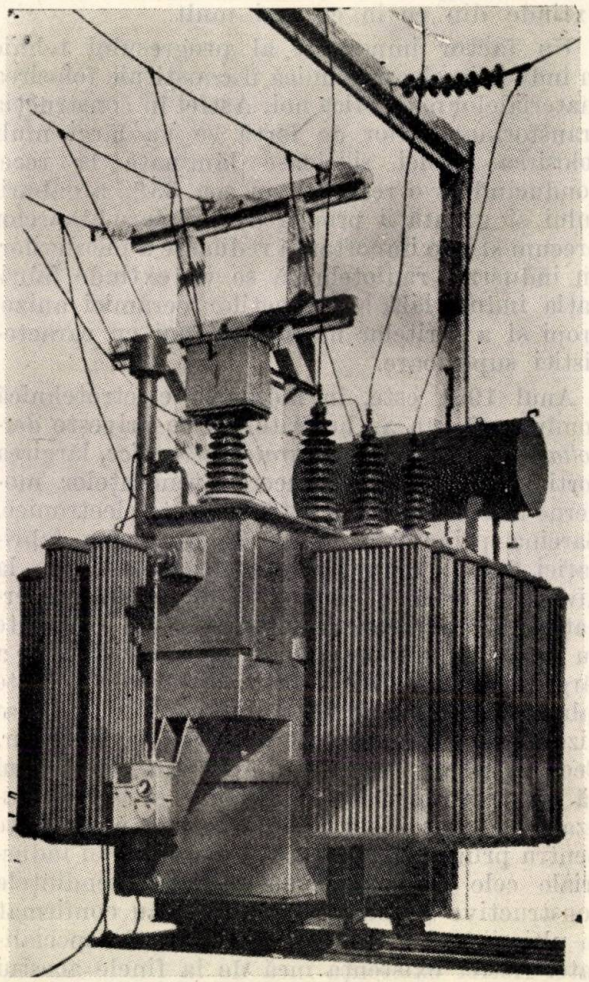


Fig. 6. Transformator de putere cu 3 înfăşurări, 20 MVA, 110 kV, cu reglaj de tensiune în sarcină şi răcire naturală în ulei (Fabricat la uzinele „Electroputere").

acoperiri galvanice şi de vopsitorie, dotate cu instalaţii moderne, mecanizări, laboratoare tehnologice, are o importanţă deosebită.

O contribuţie importantă la ridicarea nivelului tehnologic al producţiei o va avea continua îmbunătăţire a specializărilor întreprinderilor precum şi adîncirea relaţiilor de cooperare între întreprinderi. Aceste relaţii de cooperare vor trebui să cuprindă din ce în ce mai mult, nu numai schimbul normal de produse, ci şi

studierea respectiv rezolvarea în comun a diferitelor probleme legate de realizarea produselor noi, de rezolvarea sarcinilor privind aplicarea procedeelor tehnologice noi, de reducerea continuă a prețului de cost al produselor complexe care se realizează prin cooperare.

Punerea în practică a tuturor acestor măsuri de ridicare a nivelului tehnic, singure în măsură să creeze o bază solidă pentru creșterea productivității muncii, reducerea prețului de cost și îmbunătățirea continuă a calității producției, presupun realizarea unui important progres în ceea ce privește *capacitatea tehnică a întreprinderilor*. Recenta Hotărîre a Partidului și Guvernului privind ridicarea nivelului tehnic al producției, trasează o serie de sarcini deosebit de importante privind, între altele, tocmai dezvoltarea într-un ritm mai rapid a acelor compartimente din întreprinderi, care contribuie în mare măsură la accelerarea progresului tehnic sub toate aspectele.

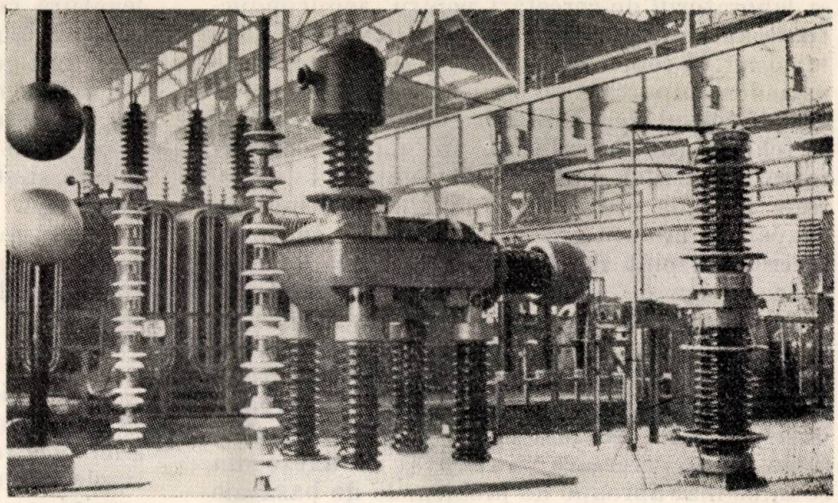


Fig. 8. Laborator de înaltă tensiune 50 Hz (Uzinele Electroputere).

Trebuie să avem în vedere în primul rînd, întărirea continuă a serviciilor de proiectare și tehnologice din întreprinderi, astfel încît acestea să fie în măsură să rezolve integral sarcinile ce le revin. În viitorul imediat în aceste servicii vor trebui să treacă o serie de cadre de ingineri și tehnicieni cu înaltă calificare, atît din punct de vedere al cunoștințelor fundamentale cît și a practicii de producție și care încă mai sînt folosiți în întreprinderi pentru activități în care pot fi folosite cu același randament cadre cu calificare inferioară.

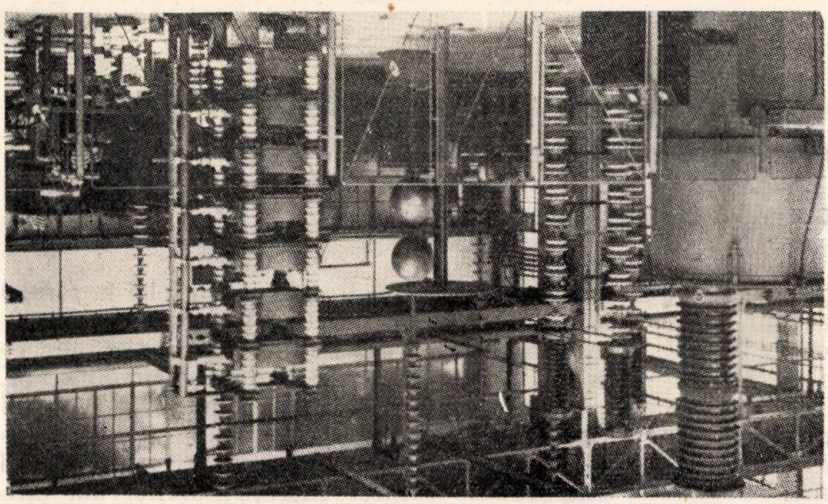


Fig. 7. Laborator de înaltă tensiune ; stația de impuls 1 MV. (Uzinele Electroputere).

Noua Hotărîre a Partidului și Guvernului privind promovarea cadrelor tehnice, venită la scurt timp după Hotărîrea cu privire la ridicarea nivelului tehnic al producției, este menită să orienteze preocuparea cadrelor de conducere din întreprinderi pentru o mai bună repartizare în producție a elementelor tinere provenite din învățămîntul superior, precum și să asigure — în același timp — intensificarea ritmului de pregătire a cadrelor tehnice și economice de care are nevoie economia noastră națională în plină dezvoltare.

Totodată va trebui să se completeze în măsură din ce în ce mai mare, echipamentul laboratoarelor din uzine, astfel încît acestea să poată oferi inginerilor din serviciile de concepție toate mijloacele necesare adîncirii studiului și verificării rezultatelor. Cu toate că dezvoltarea laboratoarelor și a platformelor de încercări uzinale s-a desfășurat într-un ritm destul de rapid — astfel numărul de ingineri folosiți în laboratoare și platforme de încercări a crescut de 3,5 ori în 1960 față de 1955, iar puterea instalată în platforme a crescut în același interval de 2 ori — totuși există încă numeroase puncte slabe. Există încă laboratoare și platforme care nu acoperă toate posibilitățile de încercări indicate de standardele și normele interne. În măsură mai mare lipsesc unele instalații destinate executării lucrărilor de cercetare absolut necesare stăpînirii cu competență a unora din problemele puse de nivelul actual al tehnicii. Chiar laboratoarele existente, echipate

la timpul său cu toate instalațiile necesare, cum ar fi de exemplu laboratorul de înaltă tensiune al uzinelor „Electroputere" trebuie amplificate în continuare pentru a face față exigențelor tehnice mereu crescînde. Pe lîngă cîteva obiective de mai mare amploare, cum ar fi de exemplu noul laborator al uzinelor „Electroputere" și laboratorul de cercetări pentru semiconductoare de pe lîngă noua unitate a uzinelor „Electronica", în toate fabricile vor trebui realizate extinderi importante ale posibilităților de încercări, folosind cele mai noi cuceriri ale științei și tehnicii de specialitate, precum și completarea condițiilor materiale ale muncii de cercetare. Este de prevăzut că numărul de ingineri ocupați în laboratoare și platforme de încercări să crească, pînă în 1965, încă de două ori.

În munca de asigurare a dezvoltării rapide a industriei electrotehnice din țara noastră, pe calea progresului tehnic, un rol din ce în ce mai important va trebui să revină Institutului de Cercetări Electrotehnice. Această contribuție va fi cu atît mai însemnată cu cît activitatea lui de cercetare va reuși să se axeze din ce în ce mai aproape de problemele de bază ale progresului tehnic în industria electrotehnică, lucrînd în strînsă legătură cu colectivele de concepție și de cercetare din întreprinderi.

Rezultatele bune obținute în unele domenii ca de exemplu cel al materialelor magnetice, trebuie continuate acoperind și alte probleme de bază din domeniul mașinilor electrice, transformatoarelor, aparatelor electrice, materialelor electroizolante.

Un rol deosebit de eficient îl are institutul în ceea ce privește coordonarea tehnică a unor probleme comune mai multor întreprinderi electrotehnice, ca de exemplu problema protecției climatice. Activitatea începută anul trecut a fost de un real folos și va trebui extinsă și adîncită în viitor. Va trebui de asemenea intensificată influența activității institutului asupra calității produselor electrotehnice în legătură cu încercările de omologare a produselor, domeniu în care institutul va trebui să-și cîștige o necontestată autoritate.

În dezvoltarea industriei electrotehnice din țara noastră, un rol deosebit l-a avut și îl va avea și în viitor, puternicul sprijin economic, tehnic și științific pe care ni-l acordă Uniunea Sovietică, precum și relațiile de colaborare și într-ajutorare tovărășească stabilite cu industriile electrotehnice din celelalte țări ale lagărului socialist, relații care sînt din ce în ce mai strînse.

*

În considerațiile de mai sus s-a încercat o expunere sumară a sarcinilor care revin industriei electrotehnice romînești în lumina Directivelor Congresului al III-lea al P.M.R. Aceste sarcini, a căror realizare va însemna o contribuție importantă la dezvoltarea bazei tehnico-materială a socialismului, la creșterea rapidă a forțelor de producție, în vederea desăvîrșirii construcției socialiste în Republica Populară Romînă, mobilizează colectivele de muncitori, ingineri și tehnicieni din industria electrotehnică spre noi succese în munca lor pașnică, spre noi victorii în dezvoltarea și înflorirea patriei noastre socialiste.

Intrat în redacție la 27 iulie 1960.

Realizări și perspective în construcția aparatajului electric de joasă tensiune

Gheorghe Cosmin * – București

CZ 621.312.001.12(498)

Încadrîndu-se în avîntul general pe care l-a luat industria țării noastre în acești ani, sub conducerea Partidului Muncitoresc Romîn, întreprinderea Electroaparataj s-a dezvoltat rapid, reușind în scurt timp, cu ajutorul prețios al experienței și ajutorului sovietic, să satisfacă aproape în întregime necesarul țării noastre în aparataj electric de joasă tensiune.

Pe linia sarcinilor trasate de partid și guvern se înscrie activitatea complexă și multilaterală desfășurată de colectivul întreprinderii pentru introducerea tehnicii înaintate în construcție și tehnologie, pentru obținerea unor performanțe din ce în ce mai înalte ale produselor în paralel cu un preț de cost cît mai scăzut, pentru crearea unor condiții de muncă și de viață din ce în ce mai bune muncitorilor și familiilor lor.

S-au înregistrat în această perioadă, creșteri importante ale producției, productivității muncii și salariului mediu, ceea ce este de altfel caracteristic tuturor întreprinderilor din țara noastră. Este de remarcat că aceste creșteri masive s-au făcut în condițiile dificile ale unei continue înoiri a sortimentului, atît prin asimilarea unor produse noi, cît și prin reproiectarea produselor deja asimilate. Sînt astăzi în fabricație curentă peste 200 de sortimente de aparate electrice din care 85% au fost asimilate sau reproiectate în cursul ultimilor

* Ing. *Gh. Cosmin* este inginer șef al întreprinderii Electroaparataj.

Fig. 1. Așa arăta întreprinderea în trecut.

Fig. 2. Noua hală de fabricație dată în funcțiune în 1952.

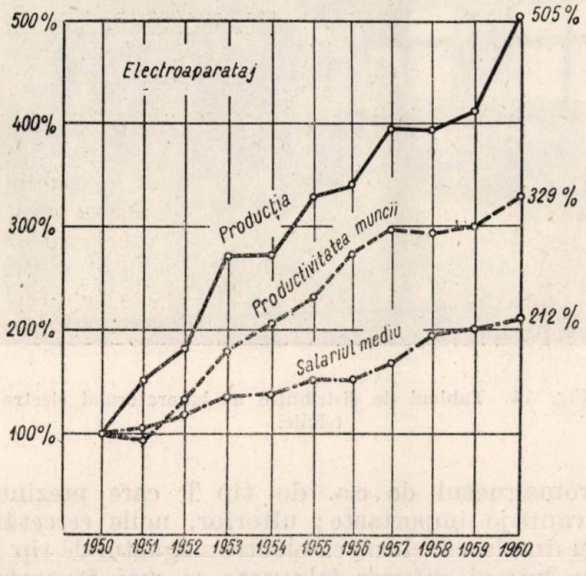


Fig. 3. Creșterea producției, productivității muncii și salariului mediu.

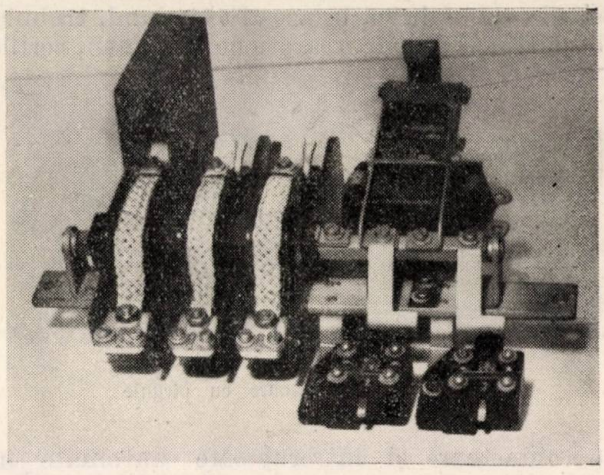


Fig. 4. Contactor 500 V, 25 A.

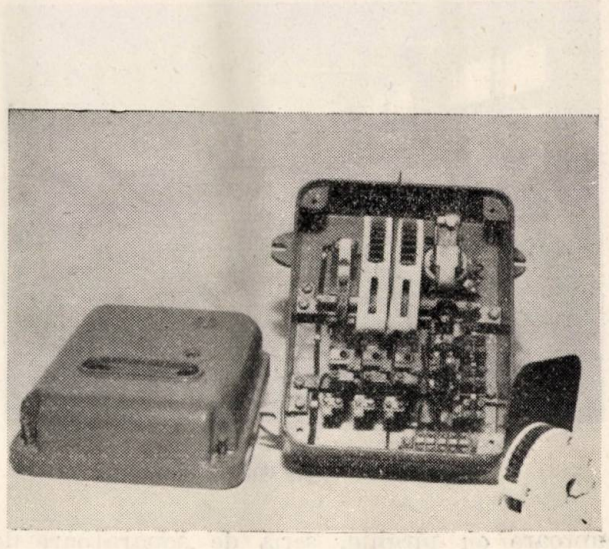


Fig. 5. Întreruptor automat în aer tip contactor 500 V 60 A.

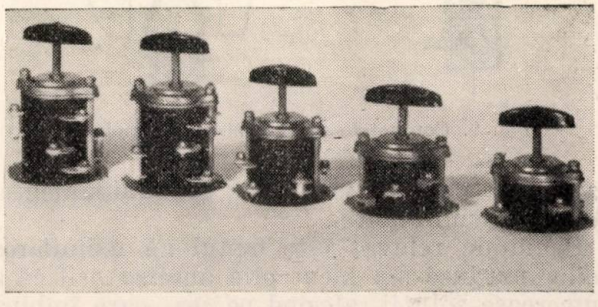


Fig. 6. Întreruptoare și comutatoare pachet din noua serie.

5 ani. Printre produsele de înalt nivel tehnic asimilate de fabrică în aceşti ultimi ani, trebuie să menţionăm noile aparate de instalaţii, seriile

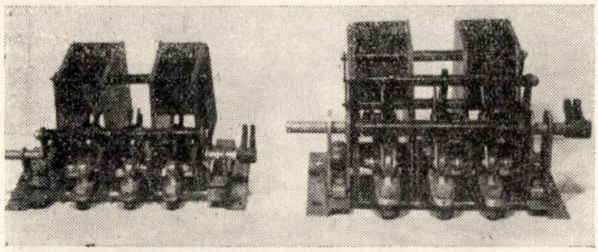


Fig. 7. — Întreruptoare cu pîrghie.

de contactoare şi întreruptoare automate în aer, seria de contactoare şi întreruptoare automate antigrizutoase, seria de întreruptoare şi comutatoare pachet, seria de între-

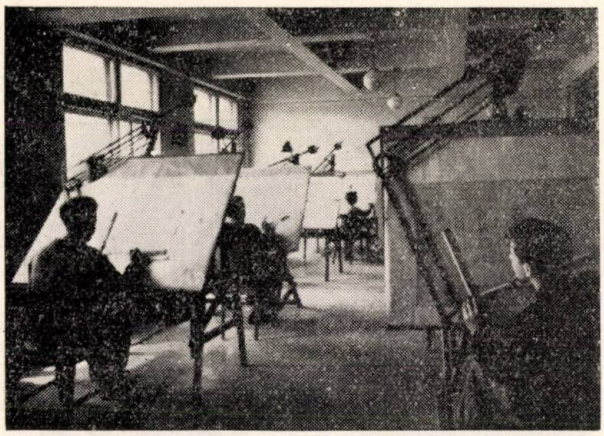


Fig. 8. Într-una din sălile de proiectări.

ruptoare cu pîrghie, seria de separatoare de 1 kV, comutatoarele stea-triunghi şi inversorul de sens, echipamentele pentru tramvai şi troleibuz, echipamentul pentru poduri rulante, echi-

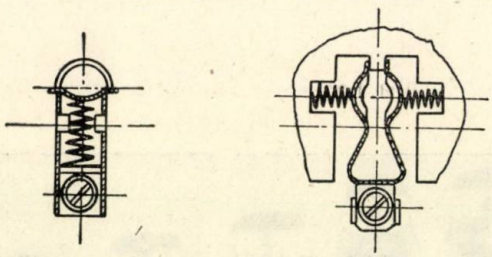


Fig. 9. Contactele prizelor bi- şi tri- polare.

pamentul pentru ascensoare şi echipamentul pentru maşini-unelte.

Demn de relevat este faptul că asimilarea noilor produse s-a făcut prin analiza critică a numeroase soluţii, alegînd pe cea, care îmbina performanţe înalte cu o tehnologie cît mai adecvată specificului fabricii şi folosind pe cît posibil materiale indigene. La baza proiectării noilor produse au stat cîteva principii constructive şi tehnologice mai importante:

a) *Obţinerea performanţelor electrice ridicate* prin:

— mărirea presiunii pe contacte şi asigurarea menţinerii ei în timp; în acest scop au fost folosite în special resoartele elicoidale renunţîndu-s aproape peste tot la lamelele de contact elastice (prizele bi- şi tripolare, comutatoarele stea-triunghi);

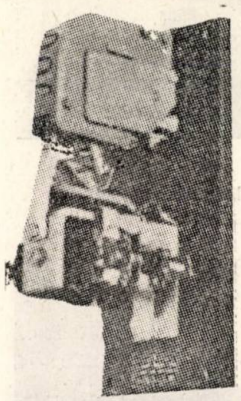


Fig. 10. Contactorul de curent continuu de 100 A cu cameră de stingere labirint.

— mărirea puterii de rupere folosind camere de stingere deionice (la contactoarele de c.a.) sau labirint (la contactoarele de c.c.), materiale gazogene (la întreruptoarele pachet şi siguranţele tubulare), spaţii înguste (la priza în fontă de 60 A) etc.

Prin studiile de mare amploare făcute în laboratoarele întreprinderii, asupra acestei probleme s-a obţinut o considerabilă creştere a eficacităţii camerelor de stingere:

— mărirea duratei de funcţionare a bobinelor şi contactelor.

În această direcţie s-au întreprins de asemenea numeroase cercetări teoretice şi experimentale; pe baza lor a fost adoptat iniţial elec-

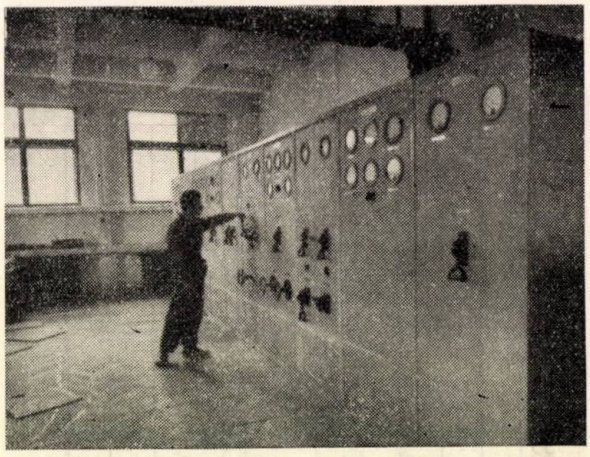


Fig. 11. Tabloul de distribuţie al laboratorului electrotehnic.

tromagnetul de c.a. de tip T care prezintă avantaje importante; ulterior, noile cercetări au dus la concluzia că electromagnetul de tip E cu braţul inferior fals este şi mai favorabil atît din punct de vedere funcţional, cît şi

tehnologic. De asemenea a fost mărit raportul între suprafața ecranată și cea neecranată, ceea ce a dus la creșterea forței minime.

Fig. 12. Întreruptorul automat de 60 A.

Cercetările asupra contactelor, întreprinse atît în laboratorul electrotehnic al întreprinderii cît și la ICET au dus la adoptarea contactelor de argint pur, puternic tasate pentru a se obține o duritate de minimum 50° Brinell; urmează ca în viitorul apropiat să se treacă la aliaje de argint cu cadmiu care s-au dovedit și mai rezistente.

Fig. 13. Electromagnetul de tip E cu braț inferior fals.

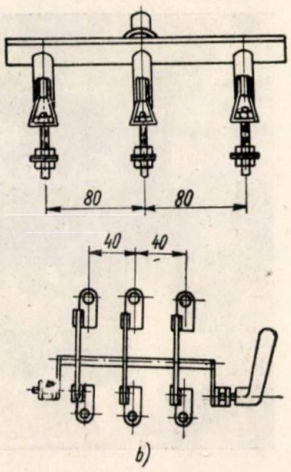


Fig. 14. Întreruptorul cu pîrghie de 100 A:
a — tipul vechi; *b* — tipul nou.

b) *Obținerea performanțelor mecanice ridicate* prin:

— folosirea la contactoare a treselor flexibile în locul benzilor de cupru,

— adoptarea unor sisteme de borne care asigură o fixare mai solidă a conductoarelor (șaibe U, cleme cu două șuruburi, papuci);

— fixarea elastică a bobinelor și pe viitor și a spirelor în scurtcircuit.

c) *Criteriul de maximă economicitate* prin:

— eliminarea la maximum a materialului inactiv în special a plăcilor de bază din pertinax adoptîndu-se construcții pe bare izolate, plăci metalice etc.;

— reducerea gabaritelor prin studiul aprofundat al încălzirii și al condițiilor de stingere a arcului; astfel prin separarea totală a fazelor pînă în afara spațiului ionizat și prin dirijarea științifică a arcului cu ajutorul armăturilor de fier, s-au obținut puteri de rupere considerabile la aparate cu viteză mică de rupere ca întreruptoare cu pîrghie, contactoare, comutatoare stea-triunghi etc., la o distanță minimă între faze;

— reducerea volumului de pregătire a fabricației folosind piese și subansamble comune;

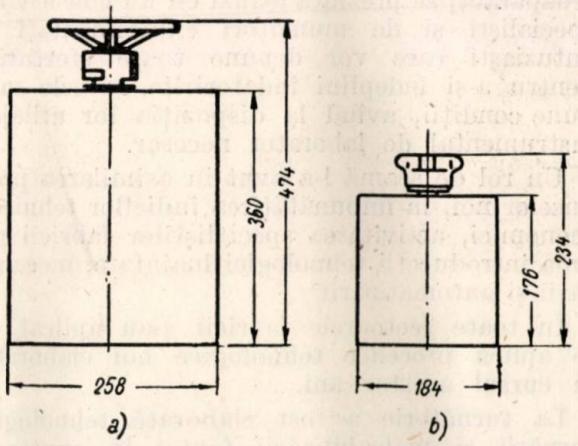


Fig. 15. Comutator stea-triunghi 60 A:
a — tipul vechi; *b* — tipul nou.

— folosirea bachelitei cu umplutură anorganică, la care sînt admise temperaturi superioare, ceea ce face posibilă micșorarea simțitoare a gabaritelor.

Continua activitate de îmbunătățire a construcției și tehnologiei produselor, contribuția esențială a mișcării de inovații, mobilizarea întregii mase a muncitorilor în lupta pentru economii, au dus la o importantă scădere a prețului de cost lună de lună și an de an.

Pe linia Directivelor celui de-al treilea Congres, un uriaș program de asimilare de noi produse, de îmbunătățire a celor actuale stă acum în fața întreprinderii.

Trebuie să se țină seama de necesitatea modernizării tablourilor capsulate și aparatajului de instalații, (aparate interne) realizarea unui

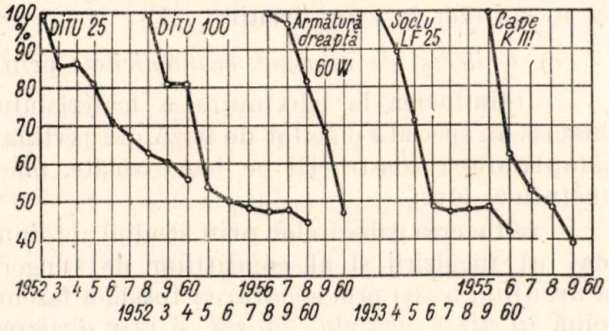


Fig. 16. Evoluția prețului de cost la cîteva produse principale.

nou fier de călcat, îmbunătățirea seriei de contactoare pentru obținerea unei durate de conectare de minimum 10 000 000 de conectări, îmbunătățirea aspectului la toate produsele și multe altele.

În fața acestor sarcini întreprinderea Electroaparataj se prezintă astăzi cu un colectiv de specialiști și de muncitori experimentați și entuziaști care vor depune toate eforturile pentru a-și îndeplini îndatoririle în cele mai bune condiții, avînd la dispoziția lor utilajul instrumental de laborator necesar.

Un rol de seamă l-a avut în asimilarea produselor noi, în îmbunătățirea indicilor tehnico-economici, activitatea specialiștilor fabricii pe linia introducerii tehnologiei înaintate, mecanizării și automatizării.

În toate sectoarele fabricii s-au aplicat și se aplică procedee tehnologice noi elaborate în cursul acestor ani.

La turnătorie a fost elaborată tehnologia turnării și maleabilizării fontei în cuptorul electric și apoi în cuptorul rotativ : se aplică turnarea în forme suprapuse ceea ce a dublat capacitatea de transport a conveierului, se toarnă sub presiune silumin, zamac și alamă, s-au redus considerabil grosimile pereților la piesele de fontă ale armăturilor de iluminat, capelor etc., se pregătește elaborarea fontei nodulare, mecanizarea dezbaterii formelor și altele.

La presajul bachelitei s-au introdus pastilarea și preîncălzirea prafului de bachelită, matrițe de mare productivitate cu multe cuiburi și matrițe de presare prin injecție.

La atelierul de prese mecanice și filetaj se pot vedea o serie de mașini și dispozitive realizate în întreprindere ca presele semiautomate cu disc rotativ pentru îndoiri cu ajutorul cărora a fost dublată productivitatea la operațiile de îndoire a unor repere de mare serie, mașinile de filetat verticale, dispozitivul de confecționare a resoartelor etc. Prin extinderea folosirii preselor automate sosite în ultimul timp și a preselor cu discuri rotative se va obține în acest atelier o importantă creștere de productivitate care va îmbunătăți întreaga organizare a producției permițînd obținerea unui decalaj față de atelierele de montaj.

La strungărie se trec din ce în ce mai multe repere pe strungurile automate și semiautomate ; la galvanizare, prin creșterea capacității băilor clopot s-a trecut la nichelarea tuturor pieselor mici și mijlocii, la zincarea lucioasă și pasivizarea pieselor de oțel, la argintarea electrochimică a tuturor pieselor de contact, la cromarea dură a matrițelor pentru mase plastice.

Colectivul laboratorului nostru a reușit de asemenea să elaboreze un procedeu de izolare prin oxidare a sîrmei de aluminiu, ceea ce permite folosirea ei la temperaturi mult mai înalte reducîndu-se prin aceasta gabaritele transformatoarelor, electromotoarelor și aparatelor.

În atelierele de montaj se introduce treptat montarea tuturor produselor pe bandă rulantă. Dacă inițial se monta pe bandă numai o parte din aparatajul de instalații, astăzi se montează tot aparatajul de instalații și electrocaloric, o parte din aparatajul neautomat și din cel automat, iar pînă la sfîrșitul anului se va monta pe bandă întreaga producție de serie cu excepția aparatelor foarte mari.

La vopsitorie, prin introducerea uscării în cuptor-tunel cu raze infraroșii, se trece treptat de la lacurile nitro la lacurile de cuptor, incomparabil superioare ca aspect și ca rezistență.

Fig. 17. Montarea aparatajului de instalații pe bandă rulantă.

Se vor utiliza de asemenea în curînd lacurile crețe, flori de gheață, lovituri de ciocan și altele.

Acordînd, pe baza sarcinilor cuprinse în Directivele Congresului, *„o deosebită atenție*

mecanizării și automatizării complexe a producției și proceselor tehnologice avansate", colectivul fabricii se va ocupa intens de crearea de mașini automate și semiautomate pentru confecționarea reperelor și subansamblelor de mare serie, de utilarea locurilor de muncă ale benzilor rulante cu mașini și dispozitive corespunzătoare operațiilor ce se fac pe aceste locuri de muncă, de perfecționarea tehnologiilor specifice ca impregnarea, confecționarea pieselor din mase plastice, lipirea pastilelor de argint, mărirea durității argintului, îmbătrînirea bimetalului etc.

O preocupare deosebită a avut colectivul întreprinderii pentru îmbunătățirea condițiilor de muncă și trai ale muncitorilor și familiilor lor.

Nenumărate instalații de ventilație și încălzire au fost realizate în diferitele sectoare, atelierele din hala veche au fost total reconstruite și amenajate, spațiile libere — prin munca entuziastă a tuturor salariaților — au fost transformate în minunate grădini. La căminul întreprinderii duc o viață fericită 50 de copii ai muncitorilor, în tabăra de vară de la Cîmpulung, sute de copii își petrec zilele de vacanță. Datorită eforturilor întregului colectiv de a da beneficii peste plan au fost puse la dispoziția Sfatului Popular 2 000 000 lei pentru construcții de locuințe.

Condițiile de muncă liberă, de viață nouă, create de regimul nostru sub conducerea Partidului, ajutorul frățesc al Uniunii Sovietice, au dat colectivului întreprinderii posibilitatea să repurteze o serie de succese.

Încrezători în forțele lor, muncitorii și tehnicienii întreprinderii muncesc cu elan pentru traducerea în viață a Directivelor Congresului al III-lea.

Putem fi siguri că și în viitor, colectivul întreprinderii Electroaparataj își va dovedi cu prisosință capacitatea de muncă și creație.

Intrat în redacție la 26 aprilie 1960.

O metodă de calcul a releelor de curent

Mihai Huhulescu* — București

Releele de curent, spre deosebire de releele de tensiune, sînt mai puțin cunoscute, iar tratarea lor în literatura de specialitate este rară și incompletă. Metoda de calcul prezentată a fost folosită de autor în cadrul întreprinderii Electroaparataj din București, cu rezultate satisfăcătoare.

CZ 621.316.925.43.001.24

1. Considerații generale

Releele de curent electromagnetic au o largă răspîndire în construcția de aparate electrice. Ele servesc la sesizarea curenților mari (de scurtcircuit) care pot apărea în instalațiile electrice.

Releele aparatelor electrice, destinate a proteja electromotoarele, sînt astfel construite încît nu declanșează în momentul pornirii acestora. Știind că la pornire electromotoarele cu rotorul în scurtcircuit absorb curenți egali cu de 6—7 ori curentul nominal, releele electromagnetice de curent vor avea limitele de reglaj pentru declanșare cuprinse între 7 și 12 ori curentul nominal [1].

Tabela 1

Relee protejînd	Limitele de reglaj ale releului I_n*
Electromotor cu rotorul în scurtcircuit	7 —12
Electromotor cu inele colectoare	3 — 6
Electromotor cu curent continuu	2 — 4
Linie de distribuție de joasă tensiune	3 — 6

* I_n = curentul nominal al releului.

În tabela 1 sînt indicate limitele de reglaj pentru relee electromagnetice de curent, care protejează împotriva scurtcircuitelor diferite tipuri de electromotoare sau rețele de distribuție.

Aceste limite sînt de regulă precizate în standardele naționale și diferă de la țară la țară. Toleranțele impuse la funcționarea acestor relee sînt cuprinse între 10 și 20% față de valoarea indicată pe plăcuța de reglaj a aparatului. Releele electromagnetice de curent pot acționa fie direct asupra mecanismului de zăvorîre, fie indirect deschizînd un contact care întrerupe circuitul unui releu de tensiune, al cărui rol este să acționeze mecanic asupra mecanismului de zăvorîre. Desigur că în primul caz forța necesară pentru declanșarea întreruptorului este mult mai mare decît în cel de-al doilea. Primul sistem este folosit în cazul întreruptorului de putere, la care se impune un timp propriu de declanșare foarte mic. Al

* Ing. *M. Huhulescu* este inginer principal proiectant la întreprinderea „Electroaparataj"-București.

doilea sistem este utilizat la întreruptoarele (de tipul contactor cu relee) pentru protecția electromotoarelor.

De asemenea, se cunosc relee electromagnetice primare parcurse de curentul principal al întreruptorului și secundare alimentate printr-un transformator reducător de curent.

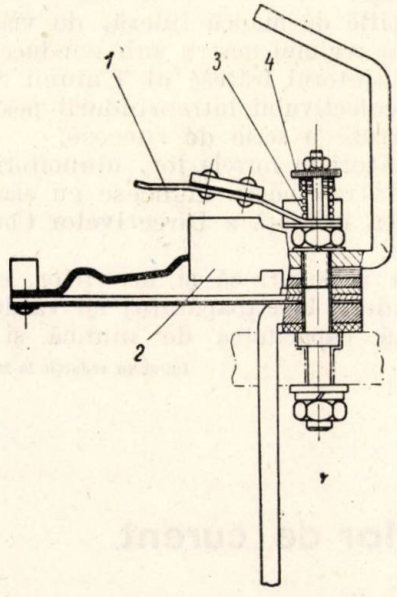


Fig. 1. Releu electromagnetic:
1 — paletă; *2* — circuit magnetic; *3* — resort; *4* — rondelă — reglaj.

Construcția releelor electromagnetice de curent este în general simplă. Ele se compun, în general, dintr-un jug feromagnetic (fig. 1) și o bobină de excitație parcursă de curentul aparatului protejat sau de un curent proporțional cu el și o paletă mobilă asupra căreia se exercită forța. Paleta este ținută în poziția deschis de un resort antagonist.

Reglajul releului se face fie mărind forța resortului antagonist (prin întinderea acestuia) fie reglînd distanța între jug și paletă. În general, primul reglaj (întinderea resortului), este cel pe care îl efectuează utilizatorul aparatului, în funcție de nevoile sale. Al doilea reglaj (distanța între jug și paletă) este efectuat de uzina producătoare pentru a încadra funcționarea releului în limitele prescrise de norme.

2. Fluxul de scăpări între cele două coloane ale releului

În fig. 2 este reprezentat un electromagnet cu doi poli, avînd bobina concentrată pe jugul releului. Notăm că P_s' permeanța fluxului de scăpări între miezuri pe unitatea de lungime a coloanelor. Presupunem că cele două coloane sînt suficient de lungi și la o distanță suficient de mare pentru a putea neglija deformarea cîmpului. Considerăm, în fine, că releul lucrează în regim nesaturat, fierul avînd permeabilitatea maximă. Tensiunea magnetică la baza coloanelor este maximă și egală cu F_t.

Fluxul total de scăpări Φ_s pînă la un punct oarecare x, pornind de la jug, va fi:

$$\Phi_x = \int_0^x F_t\, P_s'\, \mathrm{d}x = F_t \int_0^x P_s'\, \mathrm{d}x = F_t\, P_s'\, x \quad (1)$$

cînd $x = h$, rezultă

$$\Phi_x = \Phi_s = F_t\, P_s' h.$$

Această formulă este valabilă numai pentru regim nesaturat. În regim saturat trebuie ținut seama de căderea de tensiune magnetică în lungul circuitului de fier.

Căderea de tensiune magnetică poate fi determinată cu suficientă exactitate dacă presupunem că pe întreaga lungime a miezului trece un flux $\Phi = \Phi_0 + \frac{1}{2}\Phi_s$ (vezi anexa 1).

Dacă releul are bobinele uniform repartizate pe una sau două coloane, relația (9) — anexa 1 — devine:

$$(F)_h = \frac{\Phi_0 + \frac{2}{3}\Phi_s}{S} h \quad (2)$$

unde $\Phi_s = \frac{F_t \cdot P_s' \cdot h}{2}$, F_t fiind tensiunea magnetomotoare totală de excitație a bobinelor.

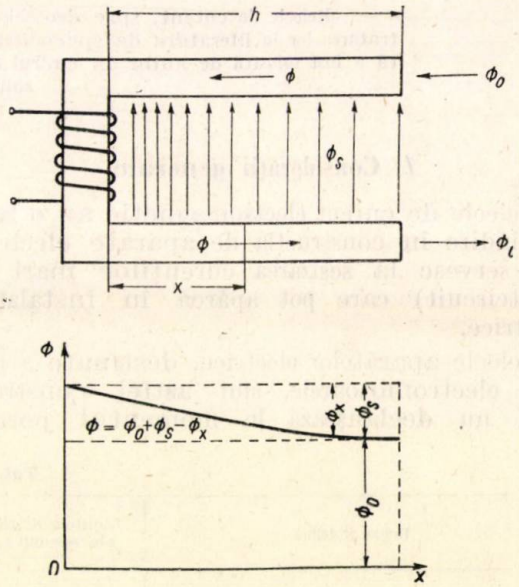


Fig. 2. Repartiția fluxului de scăpări în cazul unui releu cu bobina concentrată pe jug.

3. Metoda de calcul

Pentru dimensionarea releelor electromagnetice cu bobina concentrată pe jug se impune ca unele elemente să fie calculate ținînd seama de dispozitivele asupra cărora acționează releul. Un astfel de element este și forța pe care trebuie să o învingă releul pentru a acționa asupra mecanismului de declanșare.

Această forță, pe care o notăm cu F_R, se compune din : forța F_1 dată de resortul antagonist al releului, forța F_2 dată de resoartele mecanismelor de acționare, forța F_3 dată de diferitele frecări în mecanisme. Deci $F_R = F_1 + F_2 + F_3$.

Forța pe care o dezvoltă releul este dată de relația de mărimi :

$$F_A = \frac{1}{2\mu_0} B^2 S \qquad (3)$$

sau pentru calcule numerice de relația de valori :

$$F_A = 2{,}03 \cdot 10^{-5} B^2 S \ [\text{kgf}] \qquad (3')$$

unde :

B este inducția în întrefier, în Gs ;
S — secțiunea activă a pieselor polare, în cm².

Pentru ca releul să posede maximum de sensibilitate este necesar ca inducția în întrefier să aibă valori mici (între 3 000 și 5 000 Gs).

În relația de mai sus se cunoaște F_A care se admite mai mare decît F_R pentru a obține o funcționare fermă. Adică, admițînd $F_A = (1{,}1 \ldots 1{,}2)\ F_R$ și alegînd o valoare pentru B în limitele indicate mai sus rezultă valoarea secțiunii de fier S.

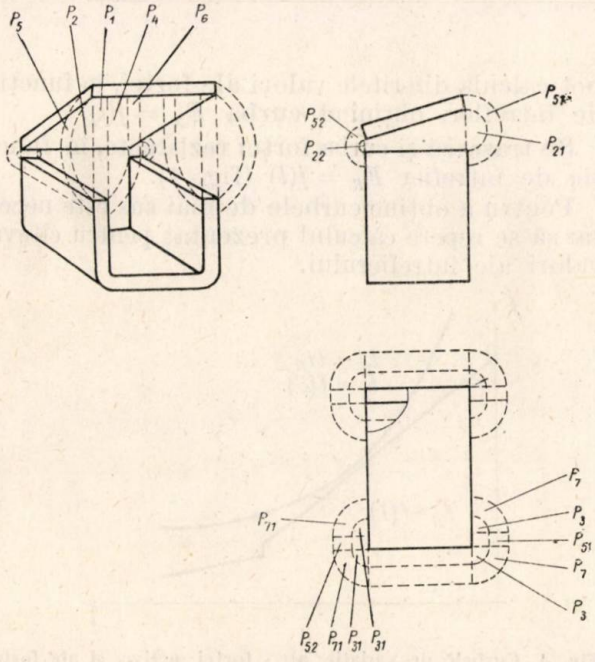


Fig. 3 *a*. Descompunerea fluxului de umflări în diferite forme geometrice simple.

Fluxul util în întrefierul releului îl calculăm din relația :

$$\Phi_u = BS \qquad (4)$$

unde :

B este inducția în întrefier ;
S — secțiunea utilă a fierului.

Pentru a afla tensiunea magnetomotoare necesară realizării fluxului Φ_u în întrefier, se întocmește tabela 2.

În acest scop este necesar să calculăm în prealabil valorile permeanțelor : întrefierului,

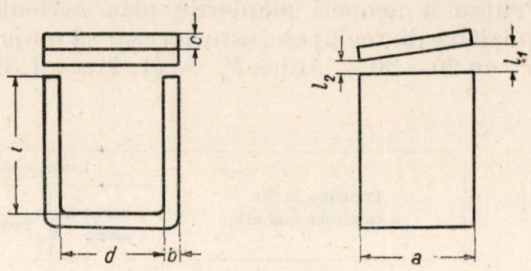


Fig. 3 *b*. Dimensiunile principale ale circuitului magnetic care intră în calcul.

permeanțele umflărilor de flux, precum și permeanțele scăpărilor de flux (fig. 3a).

Permeanța întrefierului o calculăm cu relația :

$$P_1 = \mu_0 \frac{ab}{l}$$

unde :

μ_0 este permeabilitatea aerului ;
a — lățimea polului ;
b — grosimea polului ;
l — distanța medie între miez și paletă (fig. 3 b).

Permeanța umflărilor de flux este descompusă pentru simplificare în suma mai multor permanețe (vezi anexa 2).

Ținînd seama de valorile permeanțelor din anexa 2, permeanța totală a umflărilor de flux va fi :

$$P_t = P_1 + P_2 + P_{21} + P_{22} + 2P_3 + 2P_{31} + P_4 + P_5 + P_{51} + P_{52} + P_6 + 2P_7 + 2P_{71}. \qquad (5)$$

Coeficientul umflărilor de flux se obține din :

$$\nu_u = \frac{P_t}{P_1} \qquad (6)$$

Permeanța scăpărilor de flux între cele două coloane ale releului rezultă din :

$$P_s = \mu_0 \frac{ai}{d} \qquad (7)$$

unde :

i este înălțimea releului ;
d — distanța între cele două coloane.

Coeficientul scăpărilor de flux este deci (formula 2) :

$$\nu_s = \frac{P_t + \frac{1}{2} P_s}{P_1} \qquad (8)$$

Cu ajutorul acestor date întocmim tabela 2.

Tensiunea magnetomotoare totală rezultată din tabela 2:

$$F_t = F_1 + F_2 + F_3 + F_4$$

Pentru a acoperi pierderile prin articulații, dispozitive de reglaj etc. este necesar să majorăm pe F_t cu 20—30%. Adică $F_t' = (1,2 \ldots 1,3)\, F_t$.

acest fel se poate deduce forța pe care trebuie să o aibă resortul antagonist

$$F_R' = \frac{F_A'}{1,2}.$$

Se pot stabili astfel dimensiunile resortului.

Dacă se dorește verificarea preciziei de funcționare a releului pentru un anumit reglaj se

Tabela 2

Porțiunea de fier a circuitului magnetic	Dimensiuni: Lungimea medie	Dimensiuni: Secțiunea	Fluxul real	Inducția B	Cîmpul H	Tensiunea magnetomotoare F
Paleta mobilă	L_1	S_1	$\Phi_1 = \nu_u \Phi_u$	$B_1 = \frac{\Phi_1}{S_2}$	H_1	$F_1 = H_1 L_1$
Miezul de fier	L_2	S_2	$\Phi_2 = \nu_s \Phi_u$	$B_2 = \frac{\Phi_2}{S_2}$	H_2	$F_2 = H_2 L_2$

Porțiunea de aer a circuitului magnetic	Permeanța totală P	Fluxul util în întrefier Φ_u	Tensiunea magnetomotoare F
Întrefier 1	P_t	$\Phi_u = BS_2$	$F_3 = \frac{\Phi_u}{P_t}$
Întrefier 2	P_t	$\Phi_u = BS_2$	$F_4 = \frac{\Phi_u}{P_t}$

Numărul de spire necesar pentru a produce forța de declanșare se calculează din relația:

$$n = \frac{F_t'}{I_{d1}}$$

unde I_{d1} este curentul de declanșare corespunzător limitei inferioare de reglaj.

Exemplu: $I_{d1} = 7\ I_n$.

Pentru a calcula forța obținută în cazul limitei superioare de reglaj (de exemplu $I_{d2} = 12\ I_n$) se aleg diferite valori pentru inducția B în întrefier (mai mari decît cea aleasă pentru obținerea forței F_A). În acest fel se obțin mai multe valori ale fluxului util Φ_u în întrefier și tensiunile magnetomotoare corespunzătoare F necesare pentru realizarea fluxului respectiv. Se poate trasa deci curba $\Phi_u = f(F)$.

Cunoscînd numărul de spire n necesar pentru a realiza forța de declanșare corespunzătoare limitei inferioare de reglaj se poate calcula numărul de amperspire care rezultă la limita superioară de reglaj, adică: $n \times I_{d2}$. La acest număr de amperspire corespunde pe curba $\Phi_u = f(F)$ un flux util Φ_u' și o inducție B' în întrefier.

Din relația (3), cunoscînd pe B' și S se poate deduce forța activă F_A' a releului. În

pot calcula diferitele valori ale forței, în funcție de întrefier, obținînd curba $F_A = f(l)$.

Se trasează și curba forței rezistente, în funcție de întrefier $F_R = f(l)$ (fig. 4).

Pentru a obține curbele de mai sus este necesar să se repete calculul prezentat pentru cîteva valori ale întrefierului.

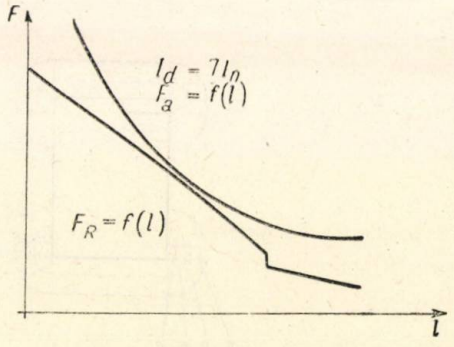


Fig. 4. Curbele de variație ale forței active și ale forței rezistente în funcție de întrefier.

4. Exemplu de calcul

Considerăm un releu electromagnetic destinat a proteja un electromotor. Limitele de reglaj ale releului sînt $7-12\ I_n$, iar curentul nominal al releului este $I_n = 25$ A. Forța pe care o opune mecanismul de declanșare este $F_R = 0{,}27$ kgf (forța raportată la axul releului).

Forța activă pe care trebuie să o realizeze releul este $F_A = 1{,}2 \times 0{,}27 = 0{,}324$ kgf.

Alegem o inducție în întrefier $B = 4\,500$ Gs.
Rezultă o secțiune

$$S = \frac{0{,}324}{2{,}03 \times 10^{-2} + 4{,}5^2} = 0{,}795 \text{ cm}^2.$$

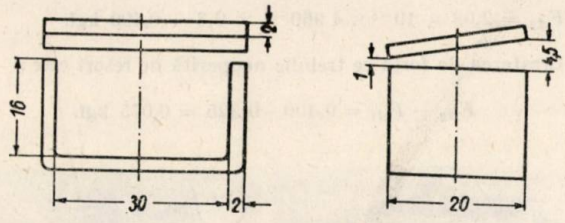


Fig. 5. Dimensiunile circuitului magnetic din exemplul de calcul.

Admitem $S = 0{,}8$ cm².
Secțiunea unei coloane de fier va fi:

$$S_1 = \frac{0{,}8}{2} = 0{,}4 \text{ cm}^2.$$

Alegem material 20×2 și ne impunem o formă a circuitului magnetic *a* în fig. 5. Cotele care rezultă din figură sînt: $a = 2$ cm; $b = 0{,}2$ cm; $l = 0{,}275$ cm; $i = 1{,}6$ cm; $l_1 = 0{,}45$ cm; $l_2 = 0{,}1$ cm; $c = 0{,}2$ cm; $d = 3$ cm; $\Phi_u = 0{,}4 \times 4\,500 = 1\,800$ Mx.

Calculăm permeanțele de umflări și cele de scăpări:

$$P_1 = 1{,}256 \frac{2 \times 0{,}2}{0{,}275} = 1{,}830 \frac{\text{Mx}}{\text{A}}$$

$$P_2 = 0{,}26 \times 1{,}256 \times 2 = 0{,}650 \frac{\text{Mx}}{\text{A}}$$

$$P_{21} = 0{,}26 \times 1{,}256 \times 0{,}2 = 0{,}065 \frac{\text{Mx}}{\text{A}}$$

$$P_{22} = P_{21} = 0{,}065 \frac{\text{Mx}}{\text{A}}$$

$$P_3 = 0{,}077 \times 1{,}256 \times 0{,}45 = 0{,}043 \frac{\text{Mx}}{\text{A}}$$

$$P_{31} = 0{,}077 \times 1{,}256 \times 0{,}1 = 0{,}010 \frac{\text{Mx}}{\text{A}}$$

$$P_4 = 0{,}52 \times 1{,}256 \times 2 = 1{,}300 \frac{\text{Mx}}{\text{A}}$$

$$P_5 = \frac{1{,}256 \times 2}{3{,}14} \ln\left(1 + \frac{2 \times 0{,}2}{0{,}275}\right) = 0{,}717 \frac{\text{Mx}}{\text{A}}$$

$$P_{51} = \frac{1{,}256 \times 0{,}2}{3{,}14} \ln\left(1 + \frac{2 \times 0{,}2}{0{,}45}\right) = 0{,}051 \frac{\text{Mx}}{\text{A}}$$

$$P_{52} = \frac{1{,}256 \times 0{,}2}{3{,}14} \ln\left(1 + \frac{0{,}2 \times 2}{0{,}1}\right) = 0{,}129 \frac{\text{Mx}}{\text{A}}$$

$$P_6 = \frac{2 \times 1{,}256 \times 2}{3{,}14} \ln\left(1 + \frac{0{,}2}{0{,}275}\right) = 0{,}88 \frac{\text{Mx}}{\text{A}}$$

$$P_7 = \frac{1{,}256 \times 0{,}2}{4} = 0{,}062 \frac{\text{Mx}}{\text{A}}$$

$$P_{71} = P_7 = 0{,}062 \frac{\text{Mx}}{\text{A}}$$

Permeanța totală:

$$P_t = 1{,}830 + 0{,}650 + 2 \times 0{,}065 + 2 \times 0{,}043 + 2 \times 0{,}10 + 1{,}3 + 0{,}717 + 0{,}051 + 0{,}129 + 0{,}88 + 4 \times 0{,}062.$$

$$P_t = 6{,}041 \frac{\text{Mx}}{\text{A}}$$

Coeficientul umflărilor de flux:

$$\nu_u = \frac{6{,}041}{1{,}830} = 3{,}3.$$

Tabela 3

Porțiunea de fier a circuitului magnetic	Dimensiuni: Lungimea medie (cm)	Dimensiuni: Secțiunea (cm²)	Flux real Φ (Mx)	Inducția B (Gs)	Cîmpul H * (A/cm)	Tensiunea magnetomotoare (A)
Paleta mobilă	3,2	0,4	$\Phi_1 = 3{,}3 \times 1\,800 = 5\,930$	$B_1 = \frac{5\,930}{0{,}4} = 14\,800$	27	86,5
Miezul de fier	6	0,4	$\Phi_2 = 3{,}67 \times 1\,800 = 6\,600$	$B_2 = \frac{6\,600}{0{,}4} = 16\,500$	46	276

Porțiunea de aer a circuitului magnetic	Permeanța totală P_t (Mx/A)	Fluxul util în întrefier Φ_u (Mx)	Tensiunea magnetomotoare F (A)
Întrefier 1	6,041	$\Phi_u = 4\,500 \times 0{,}4 = 1\,800$ Mx	$F_3 = \frac{1\,800}{6{,}041} = 298$
Întrefier 2	6,041	$\Phi_u = 1\,800$ Mx	$F_4 = 298$

* Pentru aflarea cîmpului H s-a folosit curba de magnetizare din [5], pag. 299.

Permeanța scăpărilor de flux între cele două coloane

$$P_s = 1{,}256\,\frac{2\times 1{,}6}{3} = 1{,}34\,\frac{Mx}{A}.$$

Coeficientul de scăpări:

$$v_s = \frac{6{,}041 + \frac{1{,}34}{2}}{1{,}83} = \frac{6{,}71}{1{,}83} = 3{,}67.$$

Întocmim tabela pentru calculul numărului de amperspire.

Căutăm pe curba $B = f(F_t)$ și găsim valorile corespunzătoare ale inducției în întrefier:

— limita inferioară $B_1 = 4\,475$ Gs
— limita superioară $B_2 = 4\,960$ Gs.

Forțele active corespunzătoare celor două limite de reglaj:

$$F_{A1} = 2{,}03 \times 10^{-5} \times 4\,475^{-2} \times 0{,}8 = 0{,}325 \text{ kgf};$$

$$F_{A2} = 2{,}03 \times 10^{-5} \times 4\,960^{-2} \times 0{,}8 = 0{,}400 \text{ kgf}.$$

Creșterea de forță ce trebuie acoperită de resort este:

$$F_{A2} - F_{A1} = 0{,}400 - 0{,}325 = 0{,}075 \text{ kgf}.$$

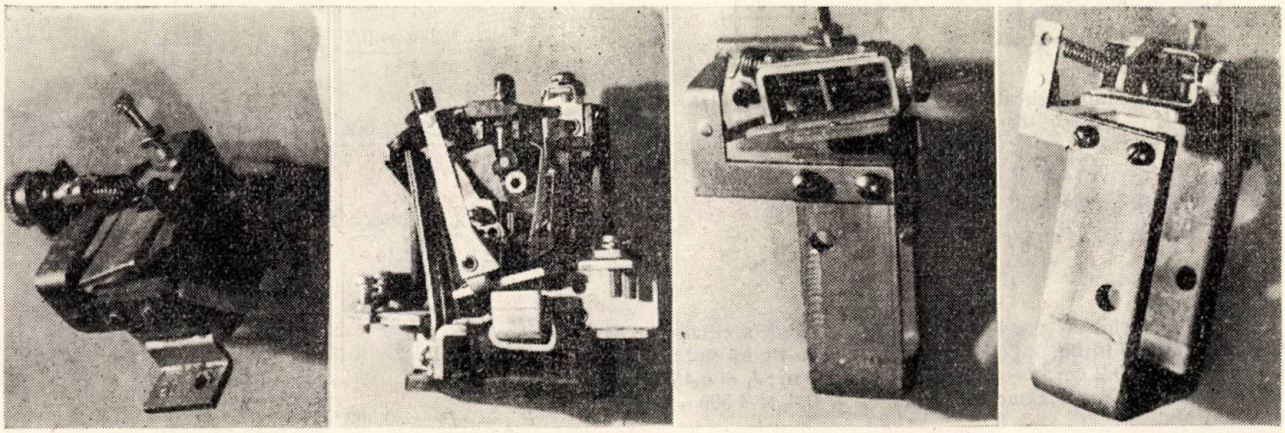


Fig. 6. Diferite modele de relee electromagnetice folosite la întreruptoarele de joasă tensiune:
6a — Întreruptor AG 25; *6b* — întreruptor Dita 60; *6c* — întreruptor Dita 350; *6d* — întreruptor Dita 600—1 000.

$$F_t = 86{,}5 + 276 + 2 \times 298 = 958{,}5 \text{ A}.$$

Pentru acoperirea scăpărilor de flux în articulații și în sistemul de reglaj

$$F_t' = 958{,}5 \times 1{,}3 = 1\,240 \text{ A}.$$

Curentul de declanșare este

$$I_d = 7 \times 25 = 175 \text{ A}.$$

Numărul de spire al bobinei releului

$$n = \frac{1\,240}{175} = 7{,}1 \text{ spire}$$

alegem $n = 7$ spire.

Calculăm inducția corespunzătoare valorii maxime de reglaj $I_d = 12 \times 25 = 300$ A.

Alegem diferite valori pentru B în întrefier (mai mari decît valoarea inițială) și calculăm forțele magnetomotoare corespunzătoare. Pentru aceasta folosim tabela prezentată mai sus.

Pentru: $B = 4\,500$ Gs $F_t = 959$ A
$B = 4\,750$ Gs $F_t = 1\,200$ A
$B = 5\,000$ Gs $F_t = 1\,722$ A

Trasăm curba $B = f(F_t)$.
Cele două limite de reglaj corespund la:

— limita inferioară $7\ I_n\ F_t = \frac{7\times 25\times 7}{1{,}3} = 940$ A

— limita superioară $12\ I_n\ F_t = \frac{12\times 25\times 7}{1{,}3} = 1\,620$ A.

După cum se vede, această creștere este foarte mică și deci impune alegerea unui resort cu constanta $\left(\frac{F}{l}\right)$ mică pentru a obține o plajă de reglaj suficient de largă.

5. Verificarea experimentală

Pentru a verifica experimental calculele efectuate s-au făcut măsurători pe mai multe aparate. Rezultatele obținute sînt indicate în tabela de mai jos. Au fost efectuate măsurători asupra forței date de releu și asupra amperspirelor efective care au fost comparate cu amperspirele calculate.

Tabela 4

Aparat	Figura	B (G)	Număr de amperspire calculat	Număr de amperspire efectiv	Factor de corecție
Întreruptor AG 25	6*a*	4 500	1 220	1 400	1,15
Întreruptor Dita 60	6*b*	3 700	730	840	1,15
Întreruptor Dita 350	6*c*	3 500	2 300	2 450	1,065
Întreruptor Dita 600—1 000	6*d*	4 800	4 160	4 200	1,01

După cum se vede mai sus, factorul de corecție este cu atît mai mic cu cît releul este mai mare. De asemenea, se observă că factorul de corecție

este supraunitar, adică scăpările de flux prin articulații sînt mai mari decît cele impuse prin calcul. Aceste scăpări sînt mai importante la releele mici decît la releele mari, unde piesele larg dimensionate permit crearea de reluctanțe mari în drumul fluxului de scăpări.

Anexa 1

Considerînd fluxul de scăpări Φ_s mic în raport cu fluxul din întrefier Φ_0 putem considera că permeanța miezului are o valoare constantă de-a lungul coloanelor. Astfel, căderea de tensiune magnetică de-a lungul coloanelor va fi (fig. 2):

$$(F)_x = \int_0^x H\,\mathrm{d}x = \int_0^x \frac{\Phi}{\mu S}\,\mathrm{d}x.$$

Însă $\Phi = \Phi_0 + \Phi_s - \Phi_x$

$$(F)_x = \frac{1}{\mu S}\int_0^x (\Phi_0 + \Phi_s - \Phi_x)\,\mathrm{d}x.$$

Înlocuind pe Φ_x din relația (1) și integrînd rezultă:

$$(F)_x = \frac{1}{\mu S}\left(\Phi_0 x + \Phi_s x - \frac{F_t P_s' x^2}{2}\right)$$

Dacă $x = h$:

$$(F)_h = \frac{1}{\mu S}\left(\Phi_0 + \Phi_s - \frac{F_t P_s' h}{2}\right) h$$

sau

$$(F)_h = \frac{\Phi_0 + \frac{\Phi_s}{2}}{S}\, h \qquad (9)$$

$$\Phi = \Phi_0 + \frac{\Phi_s}{2}.$$

Anexa 2

Considerînd fig. 3 *a* și 3 *b*, permeanța semicilindrului lateral (în partea exterioară a releului)

$$P_2 = 0{,}26\ \mu_0 a. \qquad (10)$$

Permeanța semicilindrului din fața releului

$$P_{21} = 0{,}26\ \mu_0 b. \qquad (11)$$

Permeanța semicilindrului din spatele releului

$$P_{22} = P_{21} = 0{,}26\ \mu_0 b. \qquad (12)$$

Permeanța sfertului de sferă din fața releului

$$P_3 = 0{,}077\ \mu_0 l_1 \qquad (13)$$

l_1 este distanța între miez și paletă în partea din față.

Permeanța sfertului de sferă dn spatele releului

$$P_{31} = 0{,}077\ \mu_0 l_2. \qquad 14)$$

l_2 distanța între miez și paletă în partea din spate.

Permeanța sfertului de cilindru lateral (în partea interioară a releului)

$$P_4 = 0{,}52\ \mu_0 a. \qquad (15)$$

Permeanța jumătății de inel cilindric laterală (în partea exterioară a releului)

$$P_5 = \frac{\mu_0 a}{\pi}\ln\left(1 + \frac{2c}{l}\right) \qquad (16)$$

unde c este grosimea paletei.

Relația este valabilă dacă $l < 3\,c$.

Permeanța jumătății de inel cilindric din fața releului

$$P_{51} = \frac{\mu_0 b}{\pi}\ln\left(1 + \frac{2c}{l_1}\right). \qquad (17)$$

Permeanța jumătății de inel cilindric din spatele releului

$$P_{52} = \frac{\mu_0 b}{\pi}\ln\left(1 + \frac{2c}{l_2}\right). \qquad (18)$$

Permeanța sfertului de inel cilindric din partea interioară a releului:

$$P_6 = \frac{2\mu_0 a}{\pi}\ln\left(1 + \frac{c}{l}\right). \qquad (19)$$

Permeanța sfertului de inel sferic din partea din față

$$P_7 = \frac{\mu_0 c}{4}. \qquad (20)$$

Permeanța sfertului de inel sferic din partea din spate

$$P_{71} = P_7 = \frac{\mu_0 c}{4}. \qquad (21)$$

Bibliografie

[1] STAS 553-60; VDE 0660-52.

[2] *Roters*: Mecanisme electromagnetice. Gosenergoizdat, Moscova, 1949.

[3] *Stupeli F. A.*: Relee de protecție și automatizare. Editura Energetică, București, 1952.

[4] *Babicov M. A.*: Aparate electrice (vol. I.). Editura Energetică, București, 1953.

[5] *** Manualul inginerului electrician (vol. II). Editura Tehnică, București, 1954.

[6] *Builov I. A.*: Principiile de construcție ale aparatelor electrice. Editura Energetică, București, 1954.

[7] *Budeanu C. I.*: Curs de electricitate (Curs predat la Institutul Politehnic București), 1948.

[8] *Steinberg C., Rădulescu V., Cosmin Gh.*: Teoria și proiectarea aparatelor electrice (Curs predat la Institutul Politehnic București), 1958.

[9] *Sotskov B. S.*: Bazele calculului și proiectării elementelor dispozitivelor de automatică și telemecanică. Editura Tehnică, București, 1956.

[10] *Werner K.*: Aparate electrice de joasă tensiune. Technische Verlag, Leipzig, 1950.

[11] *Bodamer A.*: Erregerleistung und mögliche Schaltleistung von Relais. Regelungstechnische Praxis (1959) 4.

Intrat în redacție la 17 mai 1960

Determinarea cîmpurilor electrostatice în transformatoare cu ajutorul băii electrolitice

Bianca Şerbănescu* — Bucureşti

Proiectarea şi construirea echipamentelor de mare putere şi înaltă tensiune necesită cunoaşterea repartiţiei cîmpului electrostatic ce ia naştere la aplicarea tensiunii de încercare la frecvenţă industrială, care determină solicitările ce apar în izolaţie în regim permanent şi tranzitoriu. Determinarea repartiţiei cîmpului electrostatic pe cale analitică este foarte laborioasă. Utilizarea băii electrolitice în acest scop permite o rezolvare rapidă a acestei importante probleme şi pune la îndemîna proiectanţilor şi constructorilor de maşini electrice o metodă expeditivă şi eficace. Se descrie baia electrolitică construită la ICET care prezintă o serie de particularităţi originale şi se arată utilizarea ei la determinarea repartiţiei tensiunii pentru un transformator de mare putere şi înaltă tensiune.

CZ 621.314.2 : 537.212 : 621.317.727

1. Generalităţi

Proiectarea judicioasă a transformatoarelor de forţă impune predeterminarea solicitărilor ce apar în izolaţia principală în regim permanent de funcţionare, precum şi a izolaţiei dintre spire în regim tranzitoriu. Aceste solicitări sînt funcţie de repartiţia cîmpului electrostatic ce ia naştere la aplicarea tensiunii de încercare la frecvenţă industrială, pentru verificarea rigidităţii dielectrice a izolaţiei bobinajului transformatoarelor, precum şi de repartiţia tensiunii de impuls între galeţii şi între spirele înfăşurării încercate.

Determinarea repartiţiei tensiunii de încercare la frecvenţă industrială şi a tensiunii de impuls, prin metode analitice ca transformări conforme [1], tehnica relaxării numerice [2] sau prin metode grafice este practic foarte laborioasă dacă se ţine seama de forma complicată a electrozilor şi de faptul că izolaţia este compusă din materiale diferite ca formă şi permitivitate.

Problema se poate rezolva însă, prin folosirea unor analogii electrice corespunzătoare [3]. Astfel repartiţia tensiunii de impuls pe diferiţii galeţi ai înfăşurărilor transformatorului se poate predetermina experimental pe un model electromagnetic combinat [4] cu ajutorul unui generator de impulsuri repetate [5] iar cîmpul electrostatic ce apare la încercarea rigidităţii dielectrice a izolaţiei bobinajului poate fi pus în evidenţă în baia electrolitică.

În cele ce urmează se prezintă predeterminarea cîmpului electrostatic ce apare în transformatoare la aplicarea tensiunii de încercare, cu ajutorul băii electrolitice.

1.1. Metoda constă în studierea şi determinarea repartiţiei unui cîmp ce poate fi practic măsurat cu suficientă precizie în orice punct al său şi care să fie similar din punct de vedere matematic cu cîmpul electrostatic din transformator [6]. Cîmpul măsurat constituie „modelul" cîmpului ce trebuie determinat, rezultatele şi concluziile trase din studiul modelului, reprezentînd soluţiile căutate [7]. Instrumentul acestei analogii, baia electrolitică, este formată dintr-o cuvă din material izolant, umplută cu un electrolit în care se introduce modelul transformatorului de studiat. Electrozii modelului sînt supuşi la o diferenţă de potenţial electric, care dă naştere în electrolit la un cîmp electric. O sondă cufundată în electrolit, care se poate deplasa în tot planul băii, determină puncte de potenţial egal prin unirea cărora se obţin liniile echipotenţiale. În funcţie de acestea se pot ridica printr-o metodă grafoanalitică şi liniile de cîmp, obţinîndu-se harta completă a repartiţiei cîmpului ce trebuie studiat.

1.2. În baia electrolitică se pot ridica repartiţiile cîmpurilor electrostatice, electromagnetice, termice, de viteze în fluide etc. şi se pot rezolva probleme de optică electronică.

2. Bazele teoretice

2.1. După cum s-a arătat şi mai sus „similitudinea care constituie analogia electrică nu are loc între fenomene în sine ci între relaţiile matematice ale acestor fenomene"[8]. Astfel cunoaşterea repartiţiei unui cîmp definit de ecuaţii similare cu cele ale altor cîmpuri fizice sau abstracte permite determinarea configuraţiei acelor cîmpuri prin analogie. În baia electrolitică unde electrolitul este un mediu continuu, omogen şi izotrop, legea lui Ohm se exprimă vectorial prin ecuaţia :

$$\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E} \qquad (1)$$

unde σ este conductanţa electrolitului.

În regim staţionar din principiul continuităţii curentului electric se deduce că :

$$\operatorname{div} \mathbf{J} = 0. \qquad (2)$$

Înlocuind pe $\mathbf{J}$ cu expresia lui din legea lui Ohm, ecuaţia (2) devine :

$$\operatorname{div} \sigma \mathbf{E} = 0. \qquad (3)$$

Această ecuaţie arată că în baia electrolitică există un cîmp laplacian definit de o relaţie de forma :

$$\Delta V \equiv \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = 0. \qquad (4)$$

* Ing. *Bianca Şerbănescu* este cercetător la Institutul de Cercetări Electrotehnice.

Pe de altă parte într-un mediu dielectric, izotrop şi omogen şi în care nu există sarcini interne, cîmpul ce ia naştere între 2 electrozi este definit de ecuaţiile lui Maxwell

$$\text{rot } \mathbf{H} = \mathbf{J} \tag{5}$$

$$\text{div } \mathbf{B} = \text{div } \mu \mathbf{H} = 0 \tag{6}$$

$$\text{rot } \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \tag{7}$$

$$\text{div } D = \text{div } (\varepsilon \mathbf{E}) = 0. \tag{8}$$

Ecuaţia (8) arată că $\mathbf{E}$ provine dintr-un potenţial scalar deci

$$\text{div grad } V = 0. \tag{9}$$

Rezultă că şi acest cîmp este laplacian şi din corespondenţa ecuaţiilor (3) şi (8) se pot trage următoarele concluzii:

a) Se poate rezolva cu ajutorul băii electrolitice orice fel de cîmp fizic sau abstract, care satisface ecuaţia Laplace, determinîndu-i-se distribuţia spaţială a potenţialului. Pentru aceasta este necesar să se construiască un model al electrozilor între care ia naştere cîmpul ce trebuie studiat, la o scară convenabilă experienţelor de laborator.

b) La studiul unui cîmp electrostatic în baia electrolitică, diferitelor permitivităţi ale mediilor dielectrice în care acesta este definit, trebuie să le corespundă în electrolit diferite conductivităţi, păstrîndu-se constant raportul dintre ele. Repartiţia liniilor echipotenţiale obţinute, este identică pentru ambele cîmpuri (original şi model) şi nu depinde nici de scara analogiei nici de tensiunea electrozilor.

2.2. Trebuie arătat că în afară de studiul cîmpurilor laplaciene de care se ocupă acest articol, în baia electrolitică se pot ridica şi repartiţii de cîmpuri care satisfac ecuaţia lui Poisson

$$\Delta V \equiv \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = -\nabla(\rho \mathbf{J}).$$

Aceste cîmpuri ne mai avînd divergenţă nulă, pot fi modelate în baia electrolitică numai prin introducerea unor surse de curent în electrolit, cu ajutorul unor electrozi filiformi dispuşi în baie în funcţie de geometria modelului şi menţinuţi fiecare la un potenţial constant.

3. Principiul de măsură al băii electrolitice

În funcţie de măsurătorile care le execută, băile electrolitice se împart în două mari grupe:

— băi electrolitice cu ajutorul cărora se trasează liniile echipotenţiale ale cîmpului, [8], [9];

— băi electrolitice cu ajutorul cărora se trasează liniile de gradient [10].

3.1. Principiul de măsurare al băii electrolitice pentru trasarea liniilor echipotenţiale este următorul: cîmpul electric ce ia naştere în baia electrolitică, atunci cînd electrozii sînt supuşi unei diferenţe de potenţial,

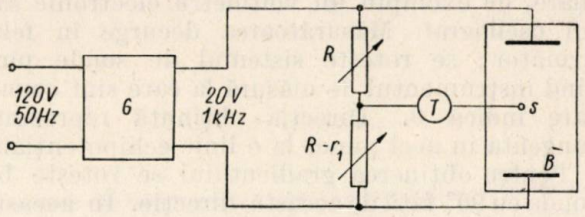


Fig. 1. Schema de principiu a măsurării liniilor echipotenţiale:
G — generator audiofrecvenţă; *R.R-r*$_1$ — cutii de rezistenţe cu fişe 11.111 Ω; *T* — căşti telefonice; *S* — sondă; *B* — baia electrolitică.

este pus în evidenţă într-un montaj în punte, cu ajutorul unei sonde ce se poate introduce în diferite puncte din electrolit (fig.1).

Impedanţele dintre sondă şi electrozi formează două braţe ale punţii, celelalte două fiind formate din două cutii de rezistenţe cu fişe, jumelate, sau din cele două părţi ale unui potenţiometru de construcţie specială.

Sonda, legată în serie cu un instrument de zero (căşti telefonice, osciloscop) se leagă la borna comună a celor două cutii de rezistenţă jumelate sau la cursorul potenţiometrului. Deoarece impedanţa comună nu este pur rezistivă datorită capacităţilor parazite ce apar în jurul electrozilor ca efect al polarizării, se introduce în schemă un condensator variabil *C*, care se poate intercala în orice braţ al punţii după necesitate.

Pentru a se micşora efectul polarizării electrolitului în jurul electrozilor, puntea se alimentează cu o tensiune alternativă de 15—35 V la o frecvenţă de 1—1,5 kHz de la un generator de audiofrecvenţă [8], [9].

Punctele de potenţial egal se determină fixîndu-se un anumit raport al rezistenţelor şi

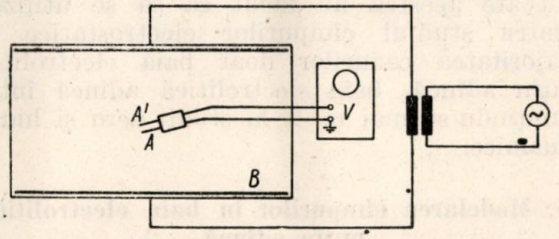


Fig. 2. Schema de principiu a măsurării liniilor de gradient:
A—*A'* — bisondă; *B* — baia electrolitică; *V* — voltmetru electronic.

căutînd în baie cu ajutorul sondei, poziţii pentru care se obţine echilibrul punţii.

3.2. Măsurarea gradientului în baia electrolitică este arătată schematic în figura. 2. Gradientul de tensiune, ca modul şi direcţie este pus în evidenţă în baie de un sistem compus din

două sonde montate rigid, foarte aproape una de alta şi care se pot roti în jurul axei lor. Diferenţa de potenţial culeasă din baie de cele două sonde este pusă în evidenţă de un instrument de măsură de impedanţă de intrare foarte mare, de exemplu un voltmetru electronic sau un oscilograf. Măsurătoarea decurge în felul următor: se roteşte sistemul de sonde pînă cînd instrumentul de măsură la care sînt conectate indică 0. Direcţia obţinută reprezintă tangenta în acel punct la o linie echipotenţială.

Pentru obţinerea gradientului se roteşte bisonda cu 90° faţă de această direcţie. În această poziţie se citeşte la aparat diferenţa de potenţial şi se marchează direcţia bisondei care reprezintă direcţia liniei de cîmp.

4. Posibilităţile de măsură ale băii electrolitice

În funcţie de dimensiunile cîmpului ce trebuie ridicat, băile electrolitice se împart în două mari grupe:

— băi electrolitice adînci, în care se măsoară cîmpuri tridimensionale;

— băi electrolitice puţin adînci, în care se măsoară cîmpuri bidimensionale şi cîmpuri tridimensionale care prezintă simetrie de rotaţie faţă de una din axe.

Băile electrolitice adînci prezintă o serie de dezavantaje care le fac mai puţin utilizabile.

Acestea sînt:

— necesitatea unui sistem de trei sonde care să măsoare componentele pe cele trei axe ale potenţialului fiecărui punct ridicat în baie;

— perturbări mari în electrolit din cauza introducerii sistemului de sonde în toată masa lui, ceea ce atrage după sine creşterea erorii de măsură;

— imposibilitatea de a se măsura cîmpuri în medii eterogene, deoarece acestea nu pot fi modelate într-o baie adîncă. (Nu se pot crea zone de diferite conductanţe pe axa Z).

Toate acestea au făcut ca să se utilizeze pentru studiul cîmpurilor electrostatice în majoritatea cazurilor doar baia electrolitică puţin adîncă, baia electrolitică adîncă întrebuinţîndu-se mai mult la studii aero şi hidrodinamice.

5. Modelarea cîmpurilor în baia electrolitică puţin adîncă

În baia electrolitică puţin adîncă se pot modela cîmpuri bidimensionale şi cîmpuri tridimensionale care prezintă simetrie de rotaţie faţă de una din axele sale. Printr-o modelare judicioasă a fundului băii se pot reprezenta atît cîmpuri în medii omogene cît şi în medii eterogene.

5.1. Cîmpurile bidimensionale sînt considerate acele cîmpuri ce iau naştere între electrozi suficient de lungi şi de secţiune constantă, astfel ca să se poată neglija efectele de capăt.

Cînd cîmpul de studiat este creat într-un mediu omogen, el poate fi definit într-un domeniu de grosime foarte mică, limitat de două plane perpendiculare pe sistemul de

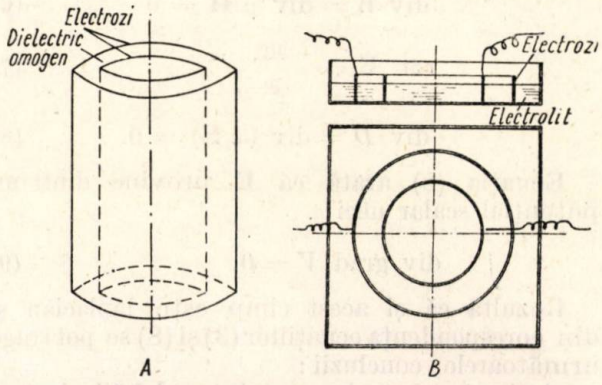


Fig. 3. Modelarea în baia electrolitică (B) a unui condensator cilindric foarte lung (A) cu dielectric omogen.

electrozi, deoarece liniile de forţă sînt normale pe suprafaţa lor laterală.

Aceste două plane sînt reprezentate în baie de fundul băii şi de suprafaţa liberă a electrolitului, iar modelul va reprezenta la scară porţiunea din electrozi cuprinsă între cele două plane, ca în figura 3. Pătura de lichid poate să aibă o grosime variind de la cîţiva mm la cîţiva cm, limita inferioară fiind determinată de creşterea erorilor datorite evaporării electrolitului, a meniscului ce apare la electrozi şi a dimensiunilor finite ale sondei. Limita superioară este determinată de adîncimea băii.

Cînd mediul este eterogen, electrozii model din baie trebuie să fie plasaţi într-un electrolit care să prezinte zone de conductivităţi proporţionale cu permitivităţile diferiţilor dielectrici în care este definit cîmpul de cercetat.

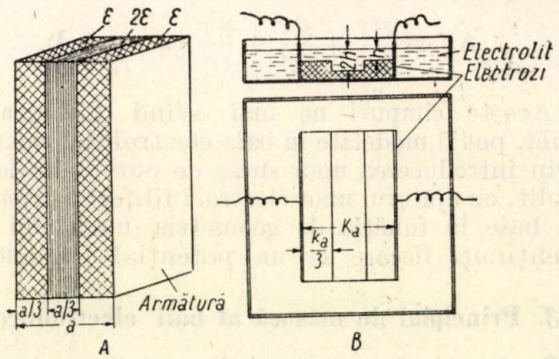


Fig. 4. Modelarea în baia electrolitică (B) a unui cîmp bidimensional creat într-un mediu eterogen între două armături plan-paralele foarte lungi.

Deoarece nu este posibil să se creeze un electrolit cu zone de conductivităţi diferite, se variază în rapoartele date conductanţa electrolitului prin variaţia înălţimii de lichid

în baie. În acest mod, unor zone de permitivitate ε, $a\varepsilon$, $2a\varepsilon$ în cîmpul original, le vor corespunde în baie zone de electrolit de înălțime h, ah, $2ah$ și corespunzător de conductanțe σ, $a\sigma$, $2a\sigma$ (fig. 4).

În studiul transformatoarelor analogia bidimensională se folosește la determinarea repartiției tensiunii între înfășurările de înaltă tensiune și cuvă pusă la pămînt, la încercarea rigidității izolației bobinajului.

Însă ansamblul cuvă-înfășurări de înaltă tensiune la un transformator, cu toate că are secțiune constantă este departe de a avea o lungime infinită și ca atare nu pot fi neglijate efectele de capăt. Acestea sînt puse în evidență folosind posibilitatea băii de a modela cîmpuri tridimensionale care prezintă simetrie de rotație față de una din axele sale.

5.2. Dacă se consideră un cîmp tridimensional cu simetrie de rotație față de una din axe și dacă se separă din el un sector obținut prin intersecția prin axa lui de rotație a două plane care fac între ele un unghi θ, cîmpul este perfect definit în acest sector.

În mod similar se procedează pentru modelarea acestui cîmp în baia electrolitică.

Se înclină baia pînă cînd fundul băii face un unghi θ cu suprafața liberă a electrolitului. Linia de intersecție a acestor două plane reprezintă axa de rotație a cîmpului și în raport cu ea se așază în baie modelul electrozilor (fig. 5). Aceștia ar trebui să aibă forme de suprafețe curbe determinate de valoarea unghiului θ ales și de distanța la care sînt așezați în baie față de axa de rotație. Cum însă unghiul θ se alege foarte mic, fiind cuprins între 2—8°, se pot folosi cu suficientă precizie electrozi plați [8].

Cînd mediul în care este creat cîmpul este eterogen, zonele de conductanțe diferite din elec-

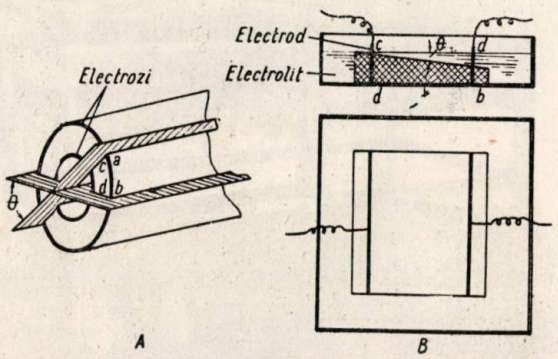


Fig. 5. Determinarea în baia electrolitică (B) a unui condensator cilindric (A) căruia nu i se pot neglija efectele de capăt:
a—b, c—d — porțiune de electrozi care se modelează în baie.

trolit, corespunzătoare zonelor de permitivități diferite ale mediului original sînt realizate prin modelarea fundului băii în trepte înclinate. Aceste unghiuri de înclinare se iau tot din axa de intersecție a suprafeței electrolitului cu fundul băii și se aleg astfel ca rapoartele dintre ele să fie egale cu rapoartele dintre diferitele permitivități ale mediului original (fig. 6):

$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{\theta_1}{\theta_2}.$$

Întrucît înfășurările transformatoarelor, împreună cu porțiuni de cuvă, prezintă simetrie de rotație, ele pot fi modelate în baia electrolitică puțin adîncă.

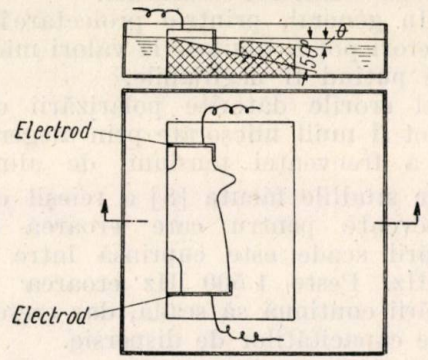


Fig. 6. Modelarea în baia electrolitică a unui izolator suport.

Se determină astfel printr-o modelare judicioasă a fundului băii în funcție de izolația transformatorului, cîmpul creat la încercarea rigidității dielectrice între înfășurarea de înaltă tensiune și înfășurarea de joasă tensiune, miezul magnetic și cuvă legate la pămînt.

Cînd se cere însă cîmpul electrostatic creat între ansamblul celor trei înfășurări de înaltă tensiune legate în stea și cuva pusă la pămînt se întrebuințează o analogie bidimensională, repartiția de tensiuni obținută reprezentînd liniile echipotențiale într-un plan perpendicular pe suprafața laterală a cuvei și a bobinajului de înaltă tensiune.

Se poate ridica de asemenea cîmpul din jurul izolatorului de trecere.

6. Surse de erori

6.1. Precizia ridicării experimentale a repartiției cîmpurilor este funcție de diferitele erori ce apar în baia electrolitică.

Acestea pot fi împărțite în:

— erori datorite polarizării electrolitului și meniscului ce apare la electrozi;

— erori datorite variației conductivității electrolitului din cauza neomogenității soluției, a variației de temperatură, sau prin dizolvarea sau difuzia electrozilor în electrolit;

— erori mecanice de înregistrare a punctelor de potențial egal;

— erori provenite din determinarea incorectă a limitelor.

În afară de aceste erori specificate mai sus, comune atît băii electrolitice pentru măsura

liniilor echipotențiale cît și celei pentru ridicarea liniilor de cîmp, există o serie de erori proprii măsurării gradientului de tensiune.

Acestea sînt:

— erori datorite instrumentului de măsură care trebuie să aibă un zgomot de fond de maximum 10μV [10];

—erori datorite capacităților parazite care dau naștere unei componente de tensiune, ce se adaugă tensiunii măsurate.

6.2. În general, printr-o proiectare îngrijită, aceste erori pot fi limitate la valori mici, unele din ele putînd fi neglijabile.

Astfel erorile datorite polarizării electrolitului pot fi mult micșorate prin alegerea judicioasă a frecvenței tensiunii de alimentare.

Din studiile făcute [8] a reieșit că gama de frecvențe pentru care eroarea datorită polarizării scade este cuprinsă între 1 000 — 1 500 Hz. Peste 1 500 Hz eroarea datorită polarizării continuă să scadă, dar cresc erorile datorite capacităților de dispersie.

Erorile datorite meniscului electrolitului la electrozi se pot elimina prin mărirea zonei respective. (Se ridică repartiția cîmpului între electrodul mărit și un alt electrod de forma unei linii echipotențiale ridicate anterior.) Ca o verificare se poate trasa linia echipotențială în punctul considerat prin metoda grafică dată de Balachowski [11].

Erorile datorite variației conductivității electrolitului în baie se pot limita prin înlocuirea lui înainte de fiecare măsurătoare și agitarea periodică în timpul măsurătorii.

De asemenea trebuie să se utilizeze sisteme de electrod-electrolit care nu intră în reacție chimică unul cu altul.

Astfel s-au făcut experimentări cu electrozi executați din platină polizată, burete de platină, grafit, alamă decapată și grafitată, în electroliți de H_2SO_4, $CuSO_4$ și apă de conductă care au dat rezultate bune [12], față de electrozii de aluminiu, staniu, zinc, crom, cupru în soluții de H_2SO_4, $CuSO_4$ care au dat rezultate mai slabe, datorită reacțiilor chimice dintre electrozi și electrolit. Majoritatea autorilor indică obținerea de rezultate foarte bune prin folosirea electrozilor de alamă în apă de conductă [8], [9], [13], [14].

Erorile mecanice sînt funcție de sistemul de deplasare a sondei deasupra cuvei cu electrolit și de modul de înregistrare a punctelor de potențial egal [15].

În literatură sînt descrise diferite sisteme de susținere și de deplasare a sondei, majoritatea fiind formate dintr-un cărucior portsondă care se poate mișca în planul orizontal pe un pod rulant acționat prin cremaliere, șuruburi fără sfîrșit, cabluri etc. [8], [9].

De sondă se prinde în mod rigid sau printr-un sistem pantografic un stil care marchează pe o planșă de hîrtie pe care sînt desenați electrozii, punctele echipotențiale.

Un alt sistem de deplasare a sondei prevede o planșă de sticlă fixată orizontal deasupra cuvei și care servește la ghidarea unui cărucior portsondă magnetic [13].Căruciorul este format din două plăci de material izolant în care sînt încastrate patru perechi de magneți permanenți [16]. Plăcile așezate pe cele două fețe ale planșetei se atrag prin geamul de sticlă. De placa inferioară este prinsă portsonda. La mișcarea plăcii superioare, placa inferioară o urmează îndeaproape, putînd explora astfel întreaga suprafață a băii. Pe planșeta de sticlă se așază o foaie de hîrtie pe care se desenează conturul electrozilor din baie, cum și punctele echipotențiale. Se elimină în acest mod o serie de erori mecanice ce apar datorită unui sistem pantografic de înregistrare a punctelor.

Erorile provenite din determinarea incorectă a condițiilor la limită sînt în parte eliminate, deoarece la studiul cîmpurilor electrostatice limitele sînt în general explicate. (La studiul transformatoarelor coloanele și cuva sînt fie puse la pămînt, fie în cazul transformatoarelor de încercări supuse la un potențial fix.)

7. Descrierea băii electrolitice construite la ICET

La Institutul de Cercetări Electrotehnice s-a construit o baie electrolitică puțin adîncă pentru determinarea liniilor echipotențiale (fig. 7).

7.1. Baia electrolitică este formată dintr-o cuvă de plexiglas fixată pe un cadru metalic din fier cornier, a cărui construcție permite

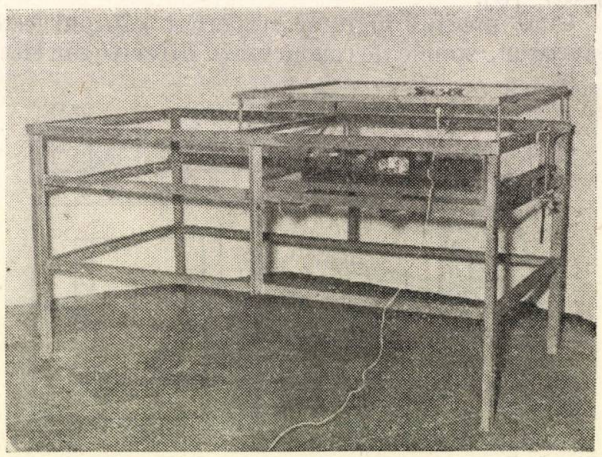


Fig. 7. Baia electrolitică construită la ICET.

înclinarea băii. De cadru este fixată deasupra băii o planșetă de sticlă care servește de suport pentru deplasarea unui cărucior magnetic portsondă, așa cum arată figura 8.

Căruciorul este format din două perechi de magneți toroidali din ferite de bariu încastrați

în două plăci de plexiglas. De placa inferioară este prinsă sonda propriu-zisă formată dintr-un ac de argint foarte ascuțit la partea care intră în electrolit. În partea superioară a cor-

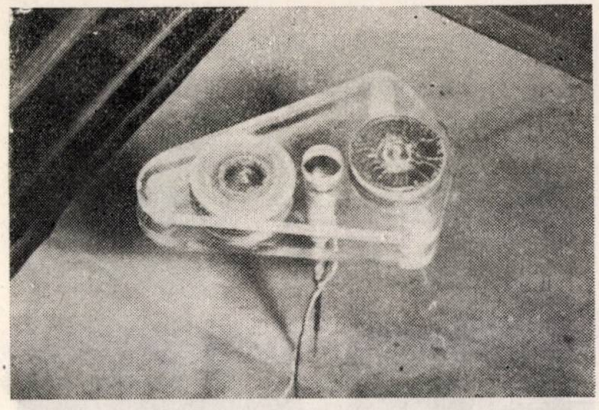


Fig. 8. Căruciorul magnetic portsondă.

pului sondei este introdus un bec de scală care luminează un reper reticular fixat deasupra lui și îl proiectează pe o hîrtie de calc, așezată pe planșeta de sticlă. Intersecția reperelor de pe spotul luminos coincide pe verticală cu vîrful sondei care pătrunde în electrolit, permițînd astfel o înregistrare comodă și rapidă a punctelor găsite la echilibrul punții.

Ca electrolit s-a folosit apa de conductă iar ca electrozi alama decapată.

Electrozii au fost alimentați cu o tensiune de 20 V la o frecvență de 1 kHz.

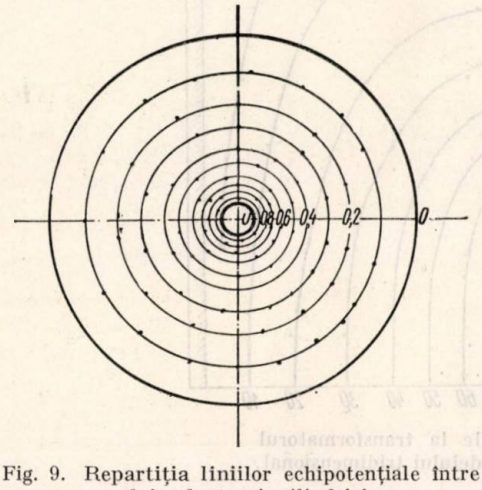


Fig. 9. Repartiția liniilor echipotențiale între doi electrozi cilindrici:
— linii echipotențiale determinate teoretic; ... linii echipotențiale determinate prin puncte în baia electrolitică.

7.2. Pentru cunoașterea erorii de măsură a băii electrolitice, se trasează experimental liniile echipotențiale ale unui cîmp ce poate fi calculat și teoretic.

Cîmpul pe care se face verificarea este creat de doi electrozi concentrici, liniile echipotențiale putînd fi calculate din relația:

$$V_x = V \frac{\ln \frac{D_2}{D_x}}{\ln \frac{D_2}{D_1}}$$

unde:

D_1 este diametrul cilindrului interior;
D_2 — diametrul cilindrului exterior;
D_x — diametrul corespunzător unui punct x, în care se măsoară potențialul V_x:
V — tensiunea aplicată electrozilor.

Harta liniilor echipotențiale obținute este redată în figura 9. Eroarea maximă rezultată este de 5% față de valoarea antecalculată.

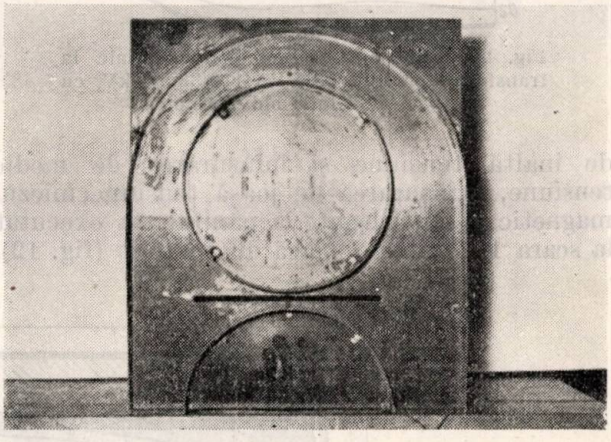


Fig. 10. Model bidimensional pentru determinarea liniilor echipotențiale la transformatorul de 20 MVA 110/38,5/6 kV.

8. Rezultate experimentale. Determinarea repartiției tensiunii la un transformator de 20 MVA 110/38,5/6 kV

Cu ajutorul băii descrise mai sus s-a ridicat repartiția liniilor echipotențiale la un transformator de 20 MVA, folosindu-se atît analogia bidimensională cît și cea tridimensională.

8.1. Pentru determinarea repartiției tensiunii între înfășurările de înaltă tensiune legate în stea și cuva pusă la pămînt s-a executat modelul bidimensional din figura 10.

Modelul s-a lucrat la scara 1:5 dintr-o placă de pertinax pe care s-au montat electrozii. Înfășurările de înaltă tensiune au fost modelate prin cilindrii din bandă de alamă.

Pereții din material izolant, așezați între înfășurările de înaltă tensiune, au fost reprezentați pe model printr-un șanț de 10 mm grosime. Deoarece permitivitatea uleiului este egală cu 2,3, iar cea a izolanților pe bază de

hîrtie sau pînză bachelizată (preşpan, pertinax, textolit) cuprinsă între 4,5 şi 5, raportul înălţimilor de lichid în baie s-a luat egal cu 2. Repartiţia liniilor echipotenţiale obţinute cu montajul indicat în figura 1 este arătată în figura 11.

8.2 Modelul tridimensional pentru determinarea repartiţiei tensiunii între înfăşurarea

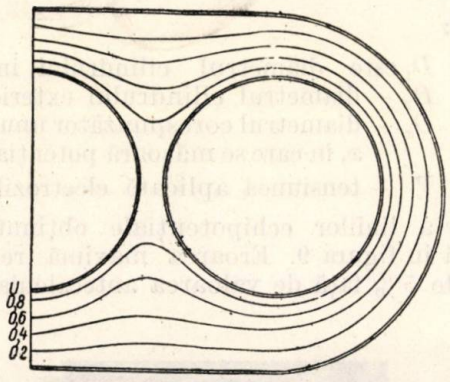


Fig. 11. Repartiţia liniilor echipotenţiale la transformatorul de 20 MVA 110/38,5/6 kV cu ajutorul modelului bidimensional.

de înaltă tensiune şi înfăşurarea de medie tensiune, înfăşurarea de joasă tensiune, miezul magnetic şi cuvă legate la pămînt s-a executat la scara 1 :1 dintr-o placă de textolit (fig. 12).

Repartiţia liniilor echipotenţiale obţinute (fig. 13) este aproape liniară între înfăşurarea de înaltă tensiune şi medie tensiune legată la pămînt, cum şi între înfăşurarea de înaltă tensiune şi cuvă. În schimb, cîmpul între

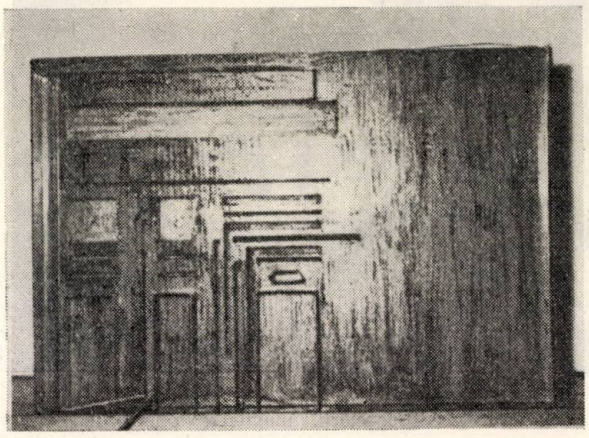


Fig. 12. Model tridimensional pentru determinarea liniilor echipotenţiale la transformatorul de 20 MVA 110/38,5/6 kV.

înfăşurarea de înaltă tensiune şi jugul superior este un cîmp neomogen.

Se remarcă influenţa pozitivă asupra repartiţiei tensiunilor, a inelului de gardă, care

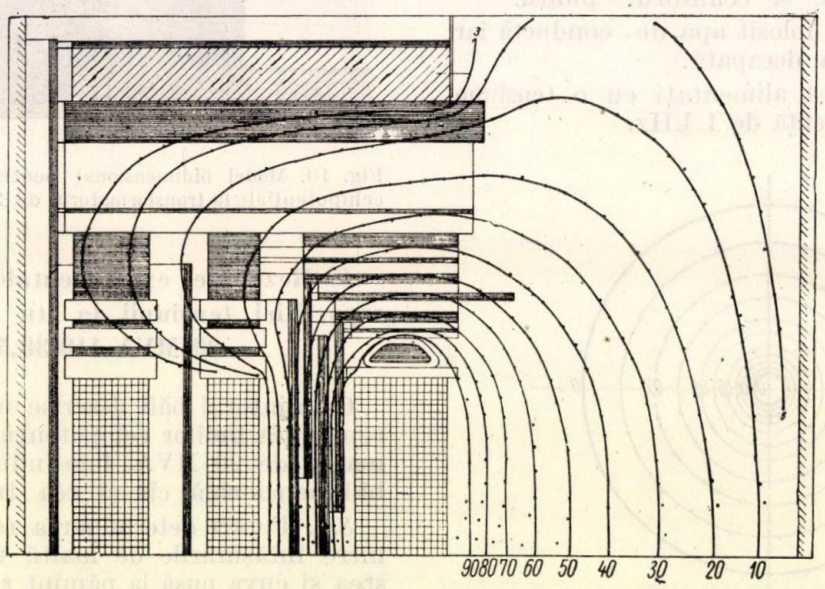


Fig. 13. Repartiţia liniilor echipotenţiale la transformatorul de 20 MVA 110/38,5/6 kV cu ajutorul modelului tridimensional.

Unghiul de înclinare pentru dielectricul ulei s-a luat egal cu 2°, iar cel pentru dielectricii preşpan, pertinax, textolit s-a luat egal cu 4°.

După prelucrarea şanţurilor şi a canalelor, modelul a fost acoperit în două straturi, cu un lac pe bază de răşini epoxidice, pentru a împiedica absorbţia de apă şi deformarea lui.

micşorează valoarea gradientului la colţurile înfăşurărilor de înaltă tensiune.

Experienţele au arătat că solicitările izolaţiei la muchia interioară şi muchia exterioară a înfăşurării de înaltă tensiune devin egale ca modul prin utilizarea unui inel de gardă de lăţimea înfăşurării de înaltă tensiune.

Un alt punct în care valoarea gradientului este mărită este muchia exterioară a înfăşurării de medie tensiune. Din această cauză se recomandă ca înfăşurarea să se execute în această regiune în trepte.

9. Concluzii

Predeterminarea cîmpului electrostatic cu ajutorul băii electrolitice este o metodă eficace pentru o proiectare judicioasă a transformatoarelor.

Cheltuielile mici necesare confecţionării unui model (costul modelului tridimensional este sub $\frac{1}{1\,000}$ din costul unui transformator), cum şi timpul scurt necesar unei determinări experimentale a cîmpului, fac ca această metodă să fie deosebit de accesibilă pentru studiul repartiţiei cîmpurilor în transformatoare şi izolatoare.

Bibliografie

[1] *Ivanenko* şi *Sokolov*: Teoria clasică a cîmpului. Trad. din l. rusă. Ed. Tehnică, Bucureşti, 1955.

[2] *A. Avramescu* şi *J. Weinreb*: Noi contribuţii la problema calculului temperaturii în blocuri de beton. Studii şi Cercetări de Fizică **7** (1956) 2, 259—275.

[3] * * * Modelări electrice. Bibl. Analelor Romîno-Ruse nr. 16 (trad. din l. rusă). Ed. Academiei R.P.R., Bucureşti 1953.

[4] *Gh. Hortopan*: Studiul repartiţiei tensiunii pe transformatoare cu ajutorul modelelor electromagnetice (articol în curs de apariţie).

[5] *V. Cleja*: Generator de impulsuri repetate cu osciloscop catodic pentru studiul comportării transformatoarelor la unda de impuls. Electrotehnica **8** (1960) 5, 171—177.

[6] *Eigenson*: Modelirovanie. G.E.I., Moscova, 1952.

[7] *V. A. Carasev*: Modelarea cîmpului magnetic rotaţional. Electricestvo **69** (1949) 5.

[8] *D. Mc. Donald*: The electrolytic analogue in the design of highvoltage power transformers. Proc. Instn. Electr. Engrs. **100** — part. II — (1953), 73 — 74— 75 145—165.

[9] *L. Malavard*: La methode d'analogies rhéoélectriques, ses possibilités et ses tendances. L'onde éléctr. **36** (1956), 353—354, 355, 828, 357, 762—769.

[10] *G. Germain*: Mesure directe du gradient éléctrique dans une cuve rhéographique. Journées Internationales du Calcul Analogique Bruxelles, sépt. 1955, 333—340.

[11] *G. Balachowsky*: Note sur un tracé de champs électriques. Bull. de la Soc. Franc. des Electr. (1946) 6, 181—183.

[12] *R. E. Sander Yates J. G.*: The accurate mapping of electric fields in an electrolytic tank. Proc. Instn. Electr. Engrs. **100** — part II — (1953) 73—74—75, 167—176.

[13] *H. Digle B., E. R. Hartill*: Some application of the electrolytic tank to engineering design problems, Proc. Instn. Electr. Engrs. **101**—part. II— (1954) 82, 349—368.

[14] *H. Schmidl*: Der elektrolytische Trog mit selbsttätiger Aufzeichnung der Potentiallinien. Elektrotechn. u. Masch. Bau **69** (1952), 155.

[15] *Ph. Kennedy, Kent Gordon*: Electrolytic Tank design. and applications. Rewi Sci. Instrum. **27** (1956) 11.

[16] *R. M. Weston*: An improved probe assembly for use with an electrolytic tank. J. Sci. Instrum. **32** (1955) 9.

Intrat în redacţie la 13 iunie 1960.

Referate

CZ 621.3.014.31.025

Circuitul unui arc electric de curent alternativ amorsat artificial. [După M. Hăngănuţ şi M. Drahny: Automatica şi Electronica, **4** (1960) 1, 21—27, 11 fig., 7 ref. bibl.]

Se analizează circuitul electric monofazat al unui arc electric de curent alternativ, care din cauza condiţiilor de ardere ale arcului (electrozi metalici răciţi şi deionizare puternică a coloanei de gaz) trebuie amorsat artificial la fiecare semiperioadă. În acest fel, funcţionarea arcului electric, ca şi toate mărimile care îl definesc sînt funcţii de momentul amorsării artificiale, în raport cu trecerea prin zero a sinusoidei tensiunii de alimentare. Caracteristica statică $u_a = f(i_a)$ a arcului electric este o hiperbolă, tensiunea scăzînd cu creşterea curentului, arcul constituind astfel o rezistenţă negativă. Aceasta pune problema stabilităţii punctului de funcţionare. Pentru ca arcul să ardă stabil se cere ca panta caracteristicii externe a sursei de alimentare în punctul de funcţionare să fie mai mare decît cea a arcului, ceea ce se realizează prin introducerea unei bobine de şoc în serie cu arcul. Deoarece expresia analitică a ecuaţiei caracteristicii statice a arcului nu a fost determinată încă în mod general, sistemul de ecuaţii necesar rezolvării problemei nu este complet. Totuşi, ţinînd seama de anumite observaţii experimentale, se poate preciza că tensiunea la bornele arcului rămîne practic constantă pe toată durata de ardere a arcului şi că această tensiune este independentă de momentul în care se produce amorsarea.

Pentru analizarea circuitului se consideră un circuit simplificat în care transformatorul, care serveşte la ridicarea tensiunii necesare arderii arcului, se consideră ca un element liniar; prin aceasta generalizarea analizei nu este restrînsă. În aceste condiţii se stabilesc expresiile matematice ale diferitelor mărimi electrice din circuitul arcului electric astfel considerat (valoarea instantanee a pulsului de curent prin arc, unghiul de stingere a arcului, perioada de conducţie a arcului, valoarea relativă a tensiunii la bornele arcului (parametrul β), valoarea eficace a tensiunii la bornele arcului, puterea activă, reactivă, aparentă şi factorul de putere în circuit). Deşi expresiile mărimilor electrice uzuale, care au fost astfel determinate pentru cazul special în care circuitul conţine un arc deionizant, cu o formă uneori destul de complexă, ele pot fi aplicate în practică curentă, fiind ilustrate şi prin grafice reprezentative în care se reprezintă valorile parametrilor de bază ai circuitului în funcţie de momentul de amorsare.

A. T.

CZ 621.313.1.013.62

Sisteme electromecanice cu inductanţă variabilă. [După M. Marinescu: Electricestvo **80** (1960) 6.]

Maşinile electrice cu inductanţă variabilă formează obiectul unui capitol creat relativ recent în Electrotehnică şi care a luat fiinţă şi s-a dezvoltat mai ales în urma cercetărilor savanţilor sovietici L. Mandelstam şi N. Papalexi şi a şcoalei lor. Aceşti savanţi au construit primele *generatoare* de curent alternativ fără excitaţie şi fără înfăşurare pe rotor, funcţionînd pe baza principiului „rezonanţei parametrice".

În ţară la noi, în cadrul Institutului de Energetică al Academiei R.P.R. se duc mai departe aceste cercetări, avînd în vedere mai ales aplicaţiile în domeniul construcţiei de noi tipuri de *motoare* electrice, folosind variaţia inductanţei.

La cererea Redacţiei revistei „Electricestvo" de a prezenta oamenilor de ştiinţă şi specialiştilor sovietici rezultatele cercetărilor originale efectuate în R.P.R. în acest domeniu, prof. M. Marinescu a redactat un amplu articol de sinteză asupra cercetărilor efectuate în cadrul Institutului

de Energetică, la care lucrează din 1950, împreună cu un colectiv de cercetători.

*

Într-un capitol introductiv se face o scurtă introducere în materie, arătîndu-se importanța cercetărilor privind transformarea „parametrică" a energiei electrice în lucru mecanic și invers, în vederea creării de noi tipuri de mașini electrice cu performanțe ridicate, de construcție simplă și robustă.

În continuare, într-un scurt istoric al problemei se descrie efectul „rezonanței parametrice" în circuite cu inductanță variabilă și condensator și folosirea acestui efect la realizarea generatoarelor de curent alternativ fără excitație și fără înfășurări pe rotor.

Se trec în revistă diferitele efecte obținute prin transformarea inversă a energiei electrice în lucru mecanic, prin variația inductanței, diferitele regimuri de funcționare (ca motor) sincronă, asincrină și alte efecte.

Se precizează obiectivele cercetărilor din cadrul Academiei R.P.R. Într-un prim capitol se analizează condițiile în care, prin variația sinusoidală a inductanței, se absoarbe energie de la o sursă de curent alternativ sinusoidală. Se analizează astfel regimul sincron de ordinul 1 și regimurile sincrone de ordine superioare în care viteza de rotație este un submultiplu al frecvenței f.e.m.

Analiza se face pe baza dezvoltării în serie a expresiei curentului în circuite fără rezistență. Se analizează după aceea regimurile asincrone a căror existență se datorește prezenței rezistenței în circuit.

Se dezvoltă expresii compacte pentru puterea mecanică și randament, pentru factorul de putere reactiv și deformant.

În cazul prezenței unui condensator în circuite rezolvarea ecuației curentului nu mai poate fi făcută prin cvadratură simplă. Se indică o metodă de rezolvare care duce la un sistem infinit de ecuații liniare cu coeficienți constanți. Se stabilesc proprietățile generale ale spectrului de curenți într-un asemenea circuit. Se construiește o „rețea rezolvantă" a sistemului infinit de ecuații, care definește curenții și care permite astfel să aplice circuitului cu inductanță variabilă, metodele de rezolvare a filtrelor electrice. Pe această cale se rezolvă „rețeaua rezolvantă" stabilindu-se formele compacte, care dau expresiile curenților din „spectrul parametric", și de aici expresia puterii mecanice dezvoltată de mașină.

În a doua parte a lucrării se prezintă problemele de „optimizare" legate de dezvoltarea practică a mașinilor parametrice.

Se stabilește astfel, legea optimă de variație a inductanței pentru alimentarea cu f.e.m. sinusoidală și pentru obținerea greutății minime pe unitatea de putere, la mașinile parametrice.

Se stabilește astfel, că factorul de putere maxim, în acest caz (alimentarea cu f.e.m. sinusoidală) este de $1/\sqrt{2}$.

În a doua etapă a cercetărilor de „optimizare" se stabilește forma optimă de undă a f.e.m. aplicată, care, pentru o anumită lege de variație a inductanței permite obținerea greutății minime pe unitatea de putere a mașinii.

Se stabilește că forma de undă optimă a f.e.m. este aceea a unor impulsuri. Se calculează corecția care trebuie introdusă pentru cazul real cînd impulsul dreptunghiular este înlocuit cu un impuls de formă trapezoidală, pentru a ține seamă de turtirea undei, datorită curenților Foucault. Se dau principiile de proiectare a acestor mașini.

Articolul se încheie cu concluzii și perspective de dezvoltare pentru viitor. Subliniindu-se posibilitatea lărgirii considerabile a domeniului de aplicație a acestor mașini, pe măsură ce teoria și experiența vor pune în evidență condițiile optime și posibilitățile „extremale" a funcționării lor.

M.M.

CZ 621.313.32.018.46.001.24

Regimuri electromagnetice tranzitorii simetrice la funcționarea în asincron a mașinii sincrone. [După F. Manea: Studii și cercetări de energetică **9** (1959) 3, 481—501.]

Importanța deosebită pe care o are mașina sincronă ca element al sistemelor electroenergetice precum și dificultatea soluționării ecuațiilor corespunzătoare funcționării tranzitorii, mențin încă actuale numeroasele preocupări de cercetare analitică și cu mașini de calcul analogic sau numeric a diverselor regimuri. În ultimii ani au apărut numeroase articole de revistă și monografii care, pe lîngă contribuțiile aduse prin modul de prezentare și soluțiile propuse, permit orientarea spre noi procedee de rezolvare a diverselor probleme. Pentru tratarea unitară a regimurilor tranzitorii ale mașinii sincrone s-a prezentat în articolul menționat o soluționare generală a ecuațiilor.

Pe baza ecuațiilor operaționale funcționale ale tensiuniilor (folosind transformarea Laplace) în condiții inițiale de curenți nenuli s-au pus în evidență variațiile de curent (față de cel inițial) și variațiile de tensiuni (față de cele inițiale, provenite exclusiv din componentele de rotație și căderile ohmice ale tensiunii). În acest mod, ecuațiile operaționale au rezultat identice cu cele corespunzătoare unor condiții inițiale nule. Folosirea unui sistem de coordonate mixt, sistemul teoriei celor două reacții (pentru curenți) și sistemul vectorilor reprezentativi rezultanți (pentru tensiuni) a permis rezolvarea sistemului de ecuații generale și exprimarea soluțiilor de curenți ca funcții de tensiuni și admitanțele operaționale într-o formă foarte simplă.

Ca o exemplificare, utilizînd descompunerea în fracții simple a admitanțelor operaționale în forma corespunzătoare soluțiilor de curenți din cazul scurtcircuitului trifazat, s-a determinat regimul tranzitoriu de curenți, putere și cuplu la conectarea nesincronă a unei mașini sincrone excitată la un sistem puternic (sincronizare necontrolată).

Expresiile obținute reprezintă forme explicite, practice și generale, neîntîlnite în literatură decît în cazuri particulare (scurtcircuitul trifazat și funcționarea asincronă permanentă).

Forma de exprimare cu ajutorul vectorilor reprezentativi rezultanți a permis totodată construirea unor diagrame vectoriale intuitive ale tensiunilor și curenților, utile pentru analiza sugestivă a diverselor regimuri tranzitorii.

Se prezintă, în sfîrșit, rezultatele unor experiențe de sincronizare necontrolată, efectuate cu ajutorul unor mașini model. Calculul verifică valorile inițiale ale componentelor periodice și cvasiperiodice de curenți.

F.M.

CZ 621.315.661.015.34 : 551.594.221

Determinarea supratensiunii în cazul căderii trăsnetului pe vîrful stîlpului unei linii electrice aeriene prevăzute cu conductor de protecție. [După G. Drăgan: Studii și cercetări de energetică **9** (1959), 475—480, 1 fig., 12 formule.]

Supratensiunile cele mai periculoase apar — atunci cînd linia este prevăzută cu conductor de protecție — în cazul căderii trăsnetului pe vîrful suportului. În lucrare, autorul stabilește o relație generală pentru determinarea acestor supratensiuni, luînd în considerare următoarele categorii de unde:

— undele de supratensiuni ce rezultă din propagarea undei inițiale de-a lungul conductorului de protecție;

— undele de supratensiuni ce rezultă în urma reflexiilor succesive ale undelor inițiale de-a lungul stîlpului lovit;

— undele de supratensiune ce rezultă din reflexia undelor transmise la fiecare stîlp al liniei.

Relațiile sînt stabilite admițînd că unda inițială are o pantă liniară și o coadă infinită; de asemenea, autorul consideră că punerea la pămînt se face la fiecare stîlp (relația 11) sau — cazul cel mai general — că punerea la pămînt se face din ν în ν suporți (relația 12) ai liniei cu $m + n$ deschideri.

Din relațiile generale de calcul stabilite se pot deduce relațiile mai simple întîlnite în literatura de specialitate, făcînd unele ipoteze simplificatoare.

Relația generală de calcul prezentată permite totodată să se tragă concluzii asupra oportunității admiterii unor ipoteze de calcul simplificatoare precum și influența diferiților parametri asupra valorii totale a supratensiunii.

B. P.

CZ 621.316.718.5.001.57 ; 621.314.32—82

In legătura cu modelarea electrodinamică a regulatoarelor de viteză ale turbinelor hidraulice. [După N. Sprînceană: Studii şi cercetări de energetică **9** (1959) 2, 305—324, 13 fig., 11 ref. bibl.]

În cercetarea ştiinţifică, tot mai larg îşi găseşte locul, studiul pe modele a unor procese sau a unui complex de procese, aceasta punînd la dispoziţia cercetătorului răspunsuri suficient de exacte pentru practică, asupra comportării unor agregate instalaţii etc. în diferite regimuri de funcţionare, înlocuind în felul acesta experienţele făcute pe instalaţii reale, care deseori nu sînt posibil de realizat sau sînt cel puţin neeconomicoase.

Modelarea electrodinamică este una dintre formele de studiu pe modele şi se realizează cu ajutorul maşinilor şi aparatelor electrice, operînd cu mărimi fizice (tensiune, curent, fază, viteză de rotaţie etc.) exprimate prin legi matematice dinainte stabilite, care descriu, cu anumită aproximaţie, fenomenele fizice ce au loc în sistemul original.

Modelarea electrodinamică a regulatoarelor de viteză ale turbinelor hidraulice — care a constituit obiectul lucrării — nu prezintă particularităţi principial deosebite faţă de alte sisteme, de aceea şi metoda stabilită în cadrul lucrării va fi în egală măsură valabilă pentru ori ce sistem de elemente ce urmează a fi modelate.

Astfel se stabileşte că problema modelării se reduce la identificarea funcţiilor de transfer ale sistemului original şi model :

$$W(p)_{orig} = W(p)_{mod}$$

pentru reproducerea caracteristicilor dinamice şi identificarea elementelor din original şi model, care determină caracteristicile statice ale originalului şi modelului. Particularizînd pentru problema concretă studiată, se observă următoarele etape :

1. Stabilirea funcţiilor de transfer ale regulatoarelor curent întîlnite în exploatare.

2. Stabilirea unei funcţii de transfer „generală" în care să fie incluse, cu anumite aproximaţii şi prin anumite particularizări, funcţiile de transfer ale regulatoarelor luate în consideraţie.

3. Constituirea structurală a modelului pentru ca funcţia sa de transfer să reproducă funcţia de transfer „generală" stabilită.

4. Alegerea elementelor regulatorului model, astfel încît să fie posibilă variaţia caracteristicilor dinamice, precum şi identificarea şi variaţia caracteristicilor statice ale modelului. În legătură cu ultima condiţie, în lucrare s-au stabilit criteriile de constituire a schemei modelului de regulator.

Din analiza făcută a rezultat că funcţia de transfer generală este de gradul 3, în cazul cel mai general al regulatoarelor de viteză şi de gradul 2 pentru cazurile cele mai frecvente (turbinele de tip Francis, Pelton şi în anumite condiţii Kaplan). Astfel, funcţia de transfer „generală" este de forma :

$$W(p)_{orig} = K_1 \frac{pT_2 + 1}{p^2 \frac{T_1 T_2}{a} + p \frac{T_1 + bT_2}{a} + 1} \left(1 + \frac{K_2}{pT_3 + 1}\right)$$

unde :

T_1, T_2, T_3 sînt constante de inerţie ;
a, b — constante constructive sau de schemă ;
K_1, K_2 — factori de amplificare.

Studiindu-se patru variante ale modelelor de regulator se stabilesc condiţiile de similitudine structurală ce trebuie îndeplinite în fiecare caz, pentru a avea identitatea structurală a funcţiilor de transfer.

În concluzii se dă o notă critică fiecărei variante, scoţîndu-se în relief avantajele şi dezavantajele lor, conform criteriilor stabilite.

N. S.

CZ 621.317.761.018.46

Aparat pentru înregistrarea frecvenţei în regim dinamic. [După S. Ionescu, P. Nicolae şi M. Pomîrleanu : Studii şi cercetări de energetică **10** (1960) 1, 192.]

În introducere se arată necesitatea unor aparate înregistratoare a frecvenţei de mare sensibilitate şi viteză de înregistrare, utile pentru determinarea unor parametri caracteristici reglajului automat de frecvenţă : energia reglantă primară şi timpul de lansare al sistemului electroenergetic.

În Institutul de energetică al Academiei R.P.R. a fost construit un aparat de măsură a frecvenţei cu filtru de bandă, care îndeplineşte cerinţele necesare pentru determinarea acestor parametri.

După descrierea schemei şi a principiului de funcţionare, se dau performanţele aparatului : precizia (eroare absolută inferioară valorii de 10 mHz în gama 49,5 ÷ 50,5 Hz), constanta de timp a aparatului (0,1 s), sensibilitatea (9 V/Hz) şi viteza de înregistrare (între 120 mm/h şi 5 mm/s).

Aparatul a dat rezultate foarte bune, atît în încercările de laborator, cît şi în încercările pe viu, efectuate în sistemul electroenergetic R.P.R. în noiembrie 1959.

I. P.

CZ 621.318.22.013.34 : 014.33

Efectul de amortizare a curenţilor turbionari tranzitorii în miezuri magnetice [După A. Avramescu : Comunic. Acad. R.P.R. **9** (1959) 4, 337—344.]

La încercarea transformatoarelor şi maşinilor electrice cu unde de impuls oscilogramele includ fenomene tranzitorii datorite pătrunderii cîmpului electromagnetic în tolele magnetice şi producerii curenţilor turbionari. Autorul calculează, plecînd de la legile lui Maxwell şi aplicînd transformarea Laplace nu numai expresiile exacte ale mărimilor de cîmp sub forma unor serii Fourier de funcţii proprii ortogonale, dar şi pe cele ale mărimilor energetice conexe, cum sînt pierderile ohmice, energia înmagazinată în cîmpul magnetic şi energia sursei. În completarea cercetărilor cunoscute pînă în prezent se deduc aceste rezultate pentru funcţia de timp a saltului unitar a cîmpului electromagnetic, precum şi pentru funcţia exponenţială ascendentă care corespunde cazului real la aplicarea undelor de impuls în laborator.

Desfăşurarea fenomenelor se poate urmări pe figuri care arată variaţia în timp a mărimilor fizice care le caracterizează. Aplicaţii ale rezultatelor se oferă la aprecierea influenţei polilor maşinii asupra curentului de excitaţie şi amortizării undelor de impuls la încercarea transformatoarelor de putere. Expresiile deduse permit în aceste cazuri deducerea imediată a circuitelor echivalente şi deci a bilanţurilor energetice în circuitele de excitaţie.

A.A.

Recenzii

CZ. 518.3 : 62

M. IORGA, A. MARINESCU şi A. ANDRIAN : **Diagrame, Abace, Nomograme.** Ed, Tehnică, Bucureşti 1959, 1 vol. 278 p., 495 fig., 23 ref., form. B_5.

Calculul grafic poate aduce simplificări considerabile operaţiilor algebrice în toate cazurile în care se cere rezolvarea numerică a unei relaţii cu două sau mai multe variabile. Diagramele permit între altele o intuire imediată a unor relaţii funcţionale complexe, analitice sau experimentale, nomogramele şi abacele executarea unor calcule algebrice de către cadre cu o pregătire medie sau joasă.

Astfel se explică faptul că Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. se referă între altele şi la calculul grafic, a cărui aplicare îl recomandă împreună cu cel al maşinilor de calcul mecanice şi electronice.

Cartea pe care o prezentăm se referă la întregul domeniu al graficelor şi al calculului grafic, adresîndu-se cadrelor medii, tehnicienilor şi în parte inginerilor, după cum se exprimă primul autor „tuturor celor care în activitatea lor profesională folosesc graficele ca mijloc de exprimare a valorii numerice sau a evoluţiei unei mărimi, fie ca un mijloc mai rapid de soluţionare a anumitor probleme de calcul".

Lucrarea cuprinde o prefaţă, o introducere, trei părţi şi o bibliografie.

Prima parte se referă la noţiunile fundamentale şi generale ale graficelor. După clarificarea noţiunilor de mărime, valoare, grafic şi diagramă şi o precizare a utilizării şi aplicaţiilor lor multiple, se dă o clasificare a acestora din urmă. Se face deosebire între graficele de rezultate, care înfăţişează raporturi sau evoluţii de mărimi şi între graficele de calcul care permit deducerea valorilor numerice ale mărimilor în funcţie de alte mărimi.

Mărimea nu se consideră în sensul nou atribuit mărimilor fizice de teoria modernă a relaţiilor fizice, ci se defineşte ca o entitate care — simplu — este mai mare, egală sau mai mică decît o alta, şi care se poate măsura. Această definiţie poate, bineînţeles, satisface numai cadre cu o pregătire medie.

Graficele de calcul se împart în abace sau „diagrame cu reţea" — noi am spune : sau nomograme reticulare — şi în nomograme cu puncte aliniate. Considerăm fericită denumirea „rezolventă" pentru dreapta care uneşte punctele aliniate corespunzătoare, întretăind scările funcţionale.

De mare utilitate sînt capitolele de dimensionarea, trasarea şi inscripţionarea graficelor, care se adresează autorilor, proiectanţilor şi desenatorilor şi conţin indicaţii normative preţioase, prea adesea nesocotite nu numai de aceştia, dar şi de edituri.

Un capitol lung este dedicat scării grafice, care deosebindu-se de scara numerică la care se face o reprezentare, se tratează în toată generalitatea ei. Prezentînd elementele unei scări grafice, anume suportul, lungimea, modulul,gradarea etc. se dă denumirea de interval la două noţiuni, din păcate, de natură diferită : diferenţa dintre valorile extreme ale mărimii şi distanţa dintre două diviziuni apropiate ale unei scări. Noi am propus pentru prima noţiune denumirea de oscilaţie, care ar permite evitarea coliziunii. De asemenea este de observat că se defineşte cota unui punct pe o scară, dar nu şi diviziunea, despre care se vorbeşte de altfel.

Scara funcţională se explică pe larg, dîndu-se nu numai definiţii ci şi indicaţii detaliate, de altfel foarte utile, pentru construcţia scărilor logaritmice, parabolice (denumite „de puteri") proiective, exponenţiale etc.

Partea a doua se ocupă cu diagrame (grafice) de rezultate, clasificate în diagrame „de repartiţie", „structurale " şi „de evoluţie", după scopul pe care-l urmăresc. Se începe cu diagramele „areale" sau „areogramele" utilizînd mărimi reprezentate prin figuri plane geometrice sau simbolice şi care sînt comune mai ales în grafica statistică. În varietatea foarte mare a acestor reprezentări autorul găseşte principii clare de orientare şi ordonare. Multitudinea figurilor inspiră o pronunţată neomogeneitate, care s-ar putea amortiza la o viitoare ediţie.

Două capitole — mult prea scurte — despre stereograme şi cartograme — încheie această parte, mai puţin legată de partea întîi.

A treia parte aprofundează diagramele (graficele) de calcul, începînd cu rezolvarea geometrică a relaţiilor matematice, arătîndu-se varietatea mare de expresii algebrice ce se pot calcula valoric prin construcţii grafice. Exerciţii şi probleme inserate în text completează şi ilustrează consideraţiile principiale. Foarte util pare paragraful privind rectificarea curbelor în planul de coordonate.

Capitolul următor se referă în fine la abace (nomograme reticulare) cu toate detaliile şi extensiunile necesare. Aici apar nomogramele cunoscute de mulţi strungari, care se află gravate pe strunguri moderne şi dau timpul de tăiere necesar în funcţie de turaţie, avans şi dimensiunile piesei. Se explică şi exemplifică colaţionarea mai multor nomograme reticulare. Cheia, adică norma de citire, atît de simplă, a acestor nomograme apare clar, fără a fi scoasă în evidenţă în text, cu toate că aceasta constituie avantajul principal faţă de nomogramele cu puncte aliniate, tratate mult mai scurt în capitolul următor. Se recunoaşte că tendinţa este de a utiliza mai mult aceste din urmă nomograme din cauza avantajelor : claritate, apreciere uşoară a variaţiei soluţiei în funcţie de variaţia parametrilor şi execuţia mai simplă. În schimb numărul de exerciţii este suficient şi caracterul lor foarte variat. Tabela de la paginile 238—239 asupra formelor simple şi des întrebuinţate de nomograme cu trei scări paralele este binevenită, dar regretăm că nu s-a extins şi la alte tipuri de nomograme fundamentale. Tipurile cu suporţi curbi, care intervin totuşi în multe probleme, sînt tratate pe scurt şi se rezumă mai mult la suportul circular. Consideraţii privind compunerea nomogramelor de acelaşi fel şi de diferite feluri, anamorfoza nomogramelor şi mecanizarea nomogramelor încheie cartea. În ultimul capitol de asemenea scurt în comparaţie cu cele ale părţii întîi se atinge bineînţeles domeniul riglelor de calcul.

Din bibliografia, relativ scurtă, lipsesc două contribuţii romîneşti, dintre care cea a lui Ion Ionescu, prima apărută la noi în ţară în 1898 şi 1900.

Cartea poate fi foarte utilă tehnicienilor şi inginerilor, statisticienilor, studenţilor, desenatorilor şi tuturor celor care se ocupă cu întocmirea de reprezentări grafice şi cu calculul grafic. Este de presupus că la o nouă ediţie se vor putea aduce îmbunătăţiri şi corectări care să elimine unele lipsuri, care de altfel nu scad utilitatea şi valoarea esenţială a cărţii.

Dr. ing. **A. Avrameseu**

A. NANU : **Încercarea materialelor electrotehnice.** Editura Tehnică, Bucureşti, 1960, 518 p.

CZ 620.1 : 621.315.6

Literatura de specialitate în străinătate şi în special din U.R.S.S. s-a îmbogăţit recent cu lucrări valoroase în domeniul materialelor electrotehnice din care citäm monografia : „Îndrumător pentru materiale electrotehnice", Gosenergoizdat — Moscova, 1959 cu cele două volume apărute dedicate materialelor electroizolante (în redacţia lui I. V. Koritzki şi B. M. Tareev).

Pentru industria noastră electrotehnică unde problema încercărilor materialelor electrotehnice se pune nu numai în faza de laborator, ci în toate fazele de fabricaţie, o lucrare de specialitate, ţinînd seama de caracteristicile specifice ale materialelor noastre electrotehnice, era de mult necesară.

Autorul — cunoscut prin publicaţiile sale în domeniul cercetării materialelor electrotehnice — îşi propune să sistematizeze încercările la care trebuie supuse materialele electrotehnice.

De la început, se vădeşte nu numai sistematizarea riguroasă a materialului cuprins, dar şi bogata documentare, prezentîndu-se metode şi norme de încercare din surse foarte variate. De exemplu în (§ 7.6) se prezintă normele de măsurare a rigidităţii dielectrice stabilite în R.P.R., U.R.S.S., Germania, S.U.A., Anglia, Franţa şi Elveţia.

Lucrarea are un deosebit caracter practic prin enunţarea nu numai a metodelor de încercare dar şi a „tehnologiei" propriu-zise a încercărilor, prezentîndu-se în mod clar mersul lucrărilor şi recomandîndu-se tabelele sistematizate pentru notarea rezultatelor măsurătorilor. (De exemplu, (§ 6.5.1) la măsurarea constantei dielectrice şi a factorului de pierderi dielectrice).

Partea întîia a lucrării are un caracter general cu privire la clasificarea materialelor electrotehnice. Este interesant studiul critic asupra clasificării materialelor electroizolante (§ 1.1.1.) autorul ajungînd la concluzia clasificării după două criterii principale şi anume : a) după starea lor fizică şi natura lor chimică şi b) după stabilitatea termică. De menţionat că într-o remarcabilă lucrare de specialitate apărută recent (V. T. Renne ; Condensatoare electrice, Gosenergoizdat, Moscova, 1959, ediţia a II-a) clasificarea condensatoarelor făcute după natura dielectricilor foloseşte criteriul a) de mai sus.

În partea a doua a cărţii se prezintă caracteristicile principalelor materiale electroizolante. Tabelele respective sînt de un real folos experimentatorilor, la compararea rezultatelor obţinute cu performanţele cerute de norme.

Clasificarea încercărilor este tratată de autor după criteriile specifice (determinarea proprietăţilor) considerînd cinci categorii importante de încercări : electrice, mecanice, termice, optice şi chimice.

Încercările electrice — considerate ca cele mai importante — sînt tratate pe larg, cuprinzînd 60% din volumul dedicat încercărilor materialelor electroizolante.

Determinarea rezistenţelor de izolaţie (de suprafaţă şi volum) — problemă în care autorul este cunoscut prin publicaţiile sale — este prezentată în lucrare în cinci metode.

Trebuie totuşi să arătăm că metoda balistică preconizată de OST-40126 (§ 533, pag. 88) — din cauza erorilor introduse de pierderile dielectrice ale condensatorului — este tot mai puţin folosită.

De altfel în documentele C.E.I. (publicaţia 93, ediţia I-a 958 şi altele) se recomandă utilizarea unor amplificatoare de curent continuu (pentru măsurarea rezistivităţilor mari).

Pentru măsurarea constantei dielectrice şi a factorului de pierderi dielectrice metodele cu punţi — dat fiind caracterul lor practic — sînt mai larg tratate în lucrare. Pe lîngă prezentarea teoriei punţii Schering sînt descrise schematic cu modul lor de lucru punţile cu largă folosinţă în laboratoare : Philips, Wien şi altele.

Autorul subliniază importanţa detectării tensiunii de ionizare (U_i) prin variaţia tg δ în funcţie de tensiunea aplicată dielectricului şi recomandă efectuarea acestei probe în industrie. O serie de noi metode — printre care detectarea proceselor tranzitorii ce au loc în circuitul în care lucrează dielectricul şi amplificarea lor într-o măsură suficientă pentru a obţine sensibilitatea dorită, — au fost puse în ultima vreme la punct pentru determinarea tensiunei de ionizare.

Două paragrafe (7 şi 8) sînt dedicate măsurării rigidităţii dielectrice şi a tensiunii electrice de conturare — prezentîndu-se în prealabil ca şi la toate celelalte măsurători — elemente teoretice asupra măsurătorii respective. O atenţie deosebită a dat autorul electrozilor folosiţi la aceste măsurători, prezentînd nouă tipuri diferite.

În capitolul măsurătorilor electrice — după părerea noastră — foarte bine tratat, ar mai fi trebuit incluse încercările la impuls de tensiune şi curent, cerute în ultima vreme de normele C.E.I.

Paragraful 9 tratează încercările mecanice prezentîndu-se maşinile şi epruvetele folosite.

Încercările termice sînt tratate în paragraful 10, prezentîndu-se metode pentru determinarea principalelor constante termice : conductivitatea termică, căldura specifică, stabilitatea termică, punctele de înmuiere, de topire şi de aprindere precum şi stabilitatea la temperaturi scăzute.

Cu caracter de noutate în domeniul încercărilor materialelor electroizolante sînt prezentate încercările optice (§ 11) necesare în special la dielectricii coloraţi şi transparenţi.

Ţinînd seama de importanţa conţinutului de apă în dielectrice, autorul prezintă metodele respective ale încercării în paragraful 12.

Partea a treia a lucrării este dedicată încercării materialelor conductoare. Ca şi la materialele electroizolante, se prezintă în prealabil caracteristicile principalelor materiale de mare conductivitate şi aliajelor de mare rezistivitate. Încercările acestor materiale sînt divizate în patru grupe principale şi anume : electrice, mecanice şi tehnologice, termice şi chimice.

Materialele semiconductoare, care capătă pe zi ce trece importanţă tot mai mare pentru industria electrotehnică, sînt prezentate în partea a patra a lucrării. Autorul clasifică semiconductoarele după domeniul lor de utilizare şi anume : rezistenţe semiconductoare termosensibile-termistoare ; rezistenţe semiconductoare neliniare-varistoare ; fotorezistenţe ; redresoare semiconductoare şi tranzistoare. Încercările acestor materiale sînt tratate în 30 de paragrafe şi se referă la măsurătorile uzuale în prezent.

În partea a cincea a cărţii, sînt prezentate în 42 de paragrafe metodele de încercare ale materialelor magnetice.

Tinzînd ca lucrarea să aibe un caracter de reală folosinţă pentru tehnicienii şi inginerii din laboratoarele uzinale — ale industriei electrotehnice în special — autorul prezintă în patru capitole (partea a şasea), încercările asupra produselor finite folosite ca material electrotehnic. Aceste produse, judicios alese de autori ca fiind cele mai importante sînt : lacurile electroizolante, uleiurile minerale, cablurile de forţă şi izolatoarele de porţelan pentru tensiuni mai mari ca 1 kV.

La sfîrşit, un mare număr de anexe cuprinzînd caracteristicile principalelor materiale electrotehnice şi un tabel cu STAS-urile pentru aceleaşi materiale, completează lucrarea.

O bibliografie bogată este prezentată la sfîrşitul lucrării. Poate ar fi fost mai indicată repartizarea bibliografiei pe capitole pentru uşurinţa documentării.

Privită în ansamblu lucrarea este foarte valoroasă şi răspunde ţelului propus de autor de prezentarea în mod unitar a metodelor de încercare pentru determinarea principalelor caracteristici ale materialelor electrotehnice.

Considerăm că pentru inginerii şi tehnicienii care lucrează atît în industria producătoare de materiale electrotehnice cît şi în laboratoarele uzinale ale fabricilor consumatoare de aceste materiale, cartea le va fi de un real folos.

ing. **A. Bereu**

Cronică

Expoziția Sovietică (iulie 1960)

CZ. 061.3:62(47).,1960"

Expoziția Uniunii Sovietice care a avut loc la București în iulie a.c. demonstrează cum se traduc în viață hotărîrile Congresului XXI al P.C.U.S. Standul de mașini-unelte arată succesele obținute în mecanizarea și automatizarea proceselor tehnologice de către constructorii de mașini-unelte, care depășesc mereu cifrele cuprinse în planul septenal de dezvoltare a economiei naționale în ceea ce privește construcția de noi tipuri de automate, de linii automate și alte mașini. Expoziția a ilustrat de asemenea succesele obținute în domeniul automatizării în general precum și a tehnicii noi bazate pe cele mai recente cuceriri ale științei.

Paralel cu succesele obținute în automatizare, expoziția oglindește procuparea continuă a partidului și guvernului Uniunii Sovietice pentru ridicarea continuă a nivelului de trai al oamenilor muncii, pentru satisfacerea cerințelor în toate domeniile.

De asemenea expoziția arată succesele incontestabile care au fost obținute de oamenii de știință sovietici în cercetarea posibilităților cuceririi cosmosului, în construcția de avioane.

Se prezintă profile variate din materiale feroase și neferoase care atrag atenția prin varietatea și precizia execuției.

Într-un alt stand se expun numeroase elemente de automatizare, măsură și control cum sînt, manometrele diferențiale, pentru electronică automată de tip ƏMAC care măsoară temperaturi între 0—120°C, care au un grad de precizie foarte ridicat, apoi grupuri electrogene de sudură care pot suda o mare varietate de grosimi de material.

Se prezintă mașini electrice din seria nouă unitară care se execută în Uniunea Sovietică, ca motorul electric AK-102-8, motorul A2-91-8, motorul de macara MTB-712-10.

Standul care atrage atenția în mod deosebit este cel care prezintă mașini-unelte automatizate.

Strungul revolver automat de tip 1341 P, un produs al uzinelor de mașini automate din Kiev, este destinat să prelucreze piese din bare de oțel și materiale neferoase cu diametrul maxim de 40 mm în lungime maximă 150 mm în producție de serie mijlocie și mică. Operațiile care se pot executa pe acest strung sînt : strunjire, găurire, alezare, filetare cu burghiul de filet sau filieră. Durata de reglare a mașinii pentru executarea de piese de complexitate medie nu depășește o oră. Capul revolver, de sistem tambur, cu ax orizontal are 16 găuri pentru fixarea sculelor aşchietoare. Comanda program înregistrată pe o fișă perforată determină succesiunea mișcărilor organelor de lucru, numărul de ture ale axului principal și avansurile. Timpul de mișcare este fixat pe tamburul cu limitatoarele de cursă prin imprimări magnetice. O comandă program dictează avansul și strîngerea barei care se face hidraulic.

Aparatul de comandă al strungului revolver este format dintr-un tambur pe care se află fișa perforată baleiată de o serie de contacte palpatoare. Orificiile piesei corespund unei anumite comenzi transmisă de un releu care acționează un anumit organ al automatului. Pe fișa perforată se prevede schimbarea vitezelor și avansurilor, care se fac prin cuplarea și decuplarea unor cuple electromagnetice. Cursa de prelucrare se păstrează cu ajutorul unui traductor electromagnetic de construcție originală care acționează după rizurile magnetice imprimate pe tamburul feromagnetic.

Schimbarea programului de comandă se face schimbînd fișa perforată de pe tambur, ștergînd imprimările mecanice de pe tambur și imprimarea altor rizuri magnetice care se face de reglor.

O mașină interesantă este cea semiautomată de rectificat plan tip 3722. Alimentarea mașinii se face manual, iar restul ciclului tehnologic complex automat. La atingerea unei cote stabilite masa mașinii se deplasează automat în zona de încărcare, iar suportul cu piatra se ridică în sus pînă la valoarea fixată a adaosului de prelucrare și se oprește automat acționarea hidraulică a mesei. Toate comenzile ciclului de rectificare sînt date de un traductor electric special, cu tije.

Pentru prelucrarea completă a axelor în trepte cilindrice, conice sau fasonate cu diametre pînă la 90 mm și lungimi în limitele 220 mm la 380 mm, există o linie automată de tip MP-107 compusă din două mașini semiaûtomate de copiat și dintr-un mecanism care încarcă transportă și descară piesele.

În standul de electronică se arată o mare varietate de aparate de radio și televiziune.

Ceea ce atrage atenția în mod special aici este un aparat de radiorecepție cu telecomandă.

În standul de optică atrage atenția o lupă de timp care poate fotografia procese tranzitorii, executînd de la 25 000 la 2 500 000 de fotografii pe secundă. Construcția și principiul de funcționare a acestui aparat este interesantă și originală.

Se expun machetele sputnicilor lansați și se poate vedea aici conteinerul în care a călătorit în cosmos ciinele Laika.

Se expun de asemenea utilaje petrolifere de înaltă tehnicitate, mașini agricole stații de pompare, autocamioane etc.

Linia elegantă și modernă a automobilului „Ceaika" este unanim admirată. Tot aici se pot vedea elicoptere, „automobilele aerului".

Expoziția arată marile succese obținute de oamenii sovietici în toate domeniile, arată posibilitățile creatoare ale omului nou — omul sovietic pe calea construirii comunismului.

ing. **Gh. Nistor**

Sesiune tehnico-științifică în cinstea Congresului al III-lea al P.M.R. la uzinele „Klement Gottwald" — București

CZ. 061.3 : 621.3(498.11)

În ziua de 18 aprilie a.c., fabrica de mașini electrice „Klement Gottwald" din București a organizat o sesiune de comunicări tehnico-științifice, la care au participat și invitați de la Institutul de Energetică al Academiei R.P.R., Institutul Politehnic și Institutul de Cercetări Electrotehnice.

Sesiunea a avut ca scop să aducă la cunoștința întregului colectiv al fabricii, cum și celor interesați, preocupările pe linie tehnică și științifică a cîtorva colective de fabrică. O bună parte din aceste rezultate reprezintă angajamentele luate în cinstea Congresului al III-lea al P.M.R. În cadrul acestei sesiuni s-au prezentat cinci referate, și anume :

1. *Evoluția fabricației de grupuri electrogene în întreprinderea „Klement Gottwald„* (ing. Ghiță Nicolae).

2. *Produse noi la înalt nivel tehnic, asimilate de fabrică în cinstea Congresului al III-lea al P.M.R. Tendințe noi în proiectarea mașinilor și aparatelor electrice la întreprinderea „Klement Gottwald"* (ing. Ciofu Valeriu).

3. *Fabricația colectoarelor pentru echipamentul de tracțiune* (ing. Pilșan Ovidiu).

4. *Problema eliminării zgomotului la motoarele de tracțiune pentru troleibuze* (ing. Ianăș Victor și ing. Nicolescu Eugen).

5. *Experiența îmbunătățirii organizării producției în trimestrul I—1960* (ing. Brătescu Simion și ing. Bute Vasile).

Referatele prezentate și discutate au cuprins domenii și sectoare diverse de fabricație.

Probleme de cercetare și experimentare au format obiectul referatului prezentat de ing. Ianăș V. și Nicolescu E., în care sînt arătate stadiul actual al problemei zgomo-

tului în tehnica mondială şi analiza zgomotului cu efecte supărătoare asupra oamenilor. Efectul fiziologic supărător se datoreşte intensităţii şi frecvenţei. Un zgomot de intensitate mare şi frecvenţă joasă este adesea mai puţin supărător decît un zgomot slab, însă de o frecvenţă mai înaltă. S-au făcut diferite cercetări şi experimentări, pentru a se detecta cauzele de zgomot supărător la motorul de troleibuz fabricat de uzinele „Klement Gottwald". Măsurătorile şi spectrele de zgomot s-au efectuat în colaborare cu secţia pentru protecţia muncii din Consiliul Central al Sindicatelor.

S-au experimentat variante de ventilator şi variante de carcasă. În referat s-a arătat că cercetările au condus la rezultate pozitive. S-a putut obţine astfel un motor de troleibuz silenţios, care a fost introdus în fabricaţia curentă, astfel încît azi uzinele „Klement Gottwald" livrează astfel de motoare la cerere, fără ca preţul de cost să fie depăşit.

Probele au arătat că acest motor este mult mai silenţios decît toate celelalte motoare comparate, din care unele erau produse ale unor fabrici din cele mai avansate ţări.

Probleme privind construcţia de maşini electrice au format obiectul referatului tov. ing. Ghiţă Nicolae, în care s-au prezentat studiile şi rezultatele obţinute în modernizarea fabricaţiei de grupuri electrogene la întreprinderea „Clement Gottwald"

Grupurile electrogene produse ale acestei întreprinderi sînt grupuri de puteri mici, în general mobile sau semimobile.

O particularitate specifică orientării de pînă acum în construcţia generatoarelor sincrone, care compun partea electrică a grupului, este aceea că acestea sînt derivate din construcţiile mecanice deja existente ale principalelor serii de motoare electrice, dat fiind numărul redus al generatoarelor în raport cu motoarele. Generatorul de 5 kVA este axat pe construcţia motoarelor asincrone de gabarit 6, generatorul de 4 kVA-TS pe construcţia motorului de curent continuu PN-45, generatorul de 25 kVA respectiv 30 kVA au chiar tole identice cu ale motoarelor asincrone de 40 kW şi 55 kW 1 500 rot/min.

Pe linia modernizării grupurilor s-au efectuat studii în legătură cu simplificarea construcţiei generatorului, ameliorarea caracteristicilor şi ieftinirea produsului şi, separat, modernizarea sistemului de excitaţie. Ultimele generatoare 4 kVA-TS (varianta II), 30 kVA şi 12 kVA-TS au fost proiectate, iar primele două chiar realizate cu o creştere de tensiune de la sarcină la gol de mai puţin de 20% faţă de 30% cît era la primul generator de 5 kVA.

Grupul 4 kVA-TS a fost prevăzut cu autoexcitaţie prin redresor, reuşindu-se obţinerea unei stabilităţi de ±4%, în care se cuprinde şi variaţia dată de motorul termic. Tot în acest sistem este proiectat şi grupul de 12 kVA.

În cazul în care se va asigura o producţie internă suficientă de elemente redresoare, toate grupurile vor fi trecute pe acest sistem.

Probleme generale constructive în uzinele „Klement Gottwald", tendinţe noi în proiectarea maşinilor şi aparatelor electrice, produse noi asimilate în cinstea Congresului al III-lea al P.M.R. au fost pe larg arătate în referatul tov. ing. Ciofu Valeriu.

Se arată evoluţia introducerii tehnicii noi în uzinele „Klement Gottwald" în anii ce au urmat Congresului al II-lea al P.M.R. şi pînă acum, cînd întîmpinăm cel de-al III-lea Congres. 87% din produse au fost proiectate şi reproiectate, iar restul de 13% din produse urmează să fie modernizate în 1960.

Tendinţa majoră şi permanentă este reducerea gabaritelor şi a greutăţii produselor (conform Hotărîrii plenarei C. C. al P.M.R. din noiembrie 1958). În această ordine de idei se cuvine să subliniem că proiectarea seriei CAER de motoare asincrone realizează pe lîngă dimensiunile de montaj unitare pe linia importantă de gabarite şi greutăţi. Nivelul superior în care s-a soluţionat problema de colectivul CAER din uzinele „Klement Gottwald", poate fi considerat remarcabil.

În legătură cu problema dimensionării raţionale şi a reducerii dimensiunilor maşinilor electrice sînt de menţionat lucrările de cercetare, care au dus la capete speciale de bobină, oferind suprafeţe mari de răcire şi care la rotorul bobinat poate juca chiar rolul de ventilator. Se pare că asemenea sisteme de capete de bobină realizate de ing. Fluera şi S. şi electrician Năstăsescu, apar pentru prima dată în lume.

Îmbunătăţirea performanţelor electromagnetice a maşinilor constituie o altă tendinţă principală în proiectare la uzinele „Klement Gottwald". Un studiu aprofundat al proiectării optime a motorului în dublă colivie al tov. ing. Răduţ C. a permis realizarea unui motor special de 75 kW 1 000 rot/min pentru export.

În referat s-au mai arătat probleme şi preocupări pentru ridicarea clasei de izolaţie şi a ameliorării materialelor magnetice, problema silenţiozităţii echipamentelor de tracţiune urbană, ameliorarea protecţiei, dezvoltarea construcţiei monobloc şi importanta problemă a tropicalizării produselor, în vederea extinderii exportului fabricatelor noastre.

Se menţionează produsele noi asimilate sau în curs de asimilare în cinstea Congresului al III-lea al P.M.R., cum sînt grupul monobloc de 3 kW, la care s-a realizat o simţitoare reducere de gabarit şi preţ de cost, grup monobloc motor compresor troleibus, generator de 30 kVA într-o variantă cu o greutate mai mică.

Probleme tehnologice privind fabricaţia colectoarelor pentru echipamentul de tracţiune au format obiectul referatului tov. ing. Pîlşan Ovidiu.

Obiectivele, care trebuie realizate în execuţia unor colectoare, sînt :

— o comprimare minimă a lamelelor izolante dintre lamele, care să fie sigură la orice regim de funcţionare a maşinii ;

— stabilitatea formei cilindrice şi a suprafeţei de lucru ;

— elasticitate în direcţie axială ;

— o lipire sigură a bobinajului la lamele şi rezistenţa la temperatură ;

— o suprafaţă dură, care să reziste în bune condiţii la uzură.

Condiţiile de comprimare între lamele şi condiţiile de stabilitate se realizează printr-un tratament special aplicat asupra lamelelor izolante şi printr-un proces tehnologic avînd un ciclu de circa 3—4 zile, compus din coaceri la temperatură potrivită, urmate de strîngeri, apoi din centrifugări şi strîngeri. O legătură bună a bobinajului la lamele se realizează prin folosirea cositorului pur, care se topeşte la temperaturi mai mari ca aliajul plumb-cositor şi printr-un dispozitiv de lipire în baie, potrivit.

O suprafaţă dură se realizează prin folosirea unei lamele formate dintr-un aliaj cupru cu argint în proporţie de 0,1%.

Ultimul referat prezentat de tov. ing. Brătescu S. şi Bute V. a tratat probleme de organizare a producţiei.

La baza măsurilor de îmbunătăţire a formei organizatorice a conducerii producţiei a stat existenţa a două compartimente :

a) activitatea de pregătire tehnico-materială a producţiei, şi

b) activitatea de realizare efectivă a producţiei.

Această ultimă activitate a fost descompusă în secţia I Mecanică şi secţia a II-a Montaj-Finisaj.

Această formă îmbunătăţită a organizării producţiei s-a dovedit superioară prin realizarea planului de producţie pe trim. I—1960 la toţi indicii, prin eliminarea asaltului de sfîrşit de lună şi prin îmbunătăţirea calităţii produselor. În serviciul producţiei s-a organizat şi o grupă tehnică care a controlat permanent înzestrarea tehnologiei fiecărui produs şi execuţia lui, conform procesului tehnologic.

În ce priveşte programarea, a rămas o singură dificultate de învins şi anume aprovizionarea cu materiale, la termenele stabilite. O altă dificultate, care mai trebuie învinsă şi este pe cale de ameliorare, constă în cuprinderea cît mai completă a aspectului economic al atelierelor.

Ca probleme importante pe linia preocupărilor rămîn :

— problema magaziilor de S.D.V. ;

— problema magaziilor intermediare ;

— simplificarea sistemului de lansare ;

— analize economice de atelier, la nivel cît mai satisfăcător ;

— îmbunătăţirea ritmicităţii ;

— extinderea micii mecanizări.

După expunerea referatelor au urmat discuţii.

Ing. V. Bunea

Congresul Federației Internaționale de Automatică (IFAC)

Moscova, 27 iunie — 7 iulie 1960

Între 27 iunie și 7 iulie 1960 a avut loc la Moscova primul congres al Federației Internaționale de Automatică (IFAC).

În comparație cu alte manifestări similare, primul congres IFAC a avut o amploare cu totul deosebită. Au participat 1 111 delegați din 29 țări, la care trebuie adăugați aproximativ tot atîția invitați. În 103 ședințe a 21 secții s-au prezentat 274 referate și au fost 580 participări la discuții. În cadrul congresului au funcționat o expoziție de aparatură de automatizare și o expoziție de literatură tehnico-științifică de automatică, au fost prezentate 43 filme documentare în probleme de automatică. Delegații congresului au vizitat 20 institute de cercetări, institute de învățămînt și întreprinderi din Moscova, Leningrad și Kiev, în care au luat cunoștință cu înaltul nivel atins de știința și practica automatizării în Uniunea Sovietică.

Amploarea primului congres IFAC s-a manifestat și prin tematica congresului.

Referatele prezentate în cadrul celor trei grupe de secții (I — teorie, II — elemente, III — aplicații), au acoperit o mare varietate de probleme, varietate care poate fi cel mai bine ilustrată prin enumerarea denumirilor secțiilor :

1.1. Teoria sistemelor continue liniare.
1.2. Teoria sistemelor continue neliniare.
1.3. Teoria sistemelor discontinue.
1.4. Probleme stohastice.
1.5. Teoria sistemelor optimale.
1.6. Teoria sistemelor autoacordate.
1.7. Teoria structurală și construcția semnalelor.
1.8. Probleme matematice speciale.
1.9. Modelare și metode experimentale de cercetare.
2.1. Elemente electrice și magnetice ale sistemelor de reglare.
2.2. Dispozitive, elemente de programare și mașini electrice de calcul și modelare.
2.3. Traductoare, elemente și sisteme de control automat și telecomandă a proceselor de producție.
2.4. Elemente pneumatice de automatizare și calcul.
2.5. Aparate și dispozitive de control automat.
3.1. Automatizarea construcției de mașini.
3.2. Automatizarea sistemelor energetice.
3.3. Automatizarea industriei chimice și de prelucrare a petrolului.
3.4. Acționări electrice automatizate și mașini electrice.
3.5. Automatizarea proceselor siderurgice.
3.6. Probleme neclasificate.
T.V. — Probleme generale (terminologie, pregătirea specialiștilor, etc.).

În afara ședințelor de comunicări pe secții, au avut loc două ședințe plenare, prezidate de președintele IFAC, prof. *A. M. Letov* (U.R.S.S.). În ședința de deschidere, după cuvîntările prof. *A.M. Letov* și a prof. *H. Chestnut* (S.U.A.), fostul președinte al IFAC, congresul a fost salutat de *A. Kosighin*, prim-vicepreședinte al consiliului de miniștri al U.R.S.S., *A. Nesmeianov*, președintele Academiei de Științe a U.R.S.S. Reprezentanții unor grupuri de delegații au adus adînci mulțumiri comitetului Național de Automatică al Uniunii Sovietice pentru ospitalitatea și pentru excelenta organizare a lucrărilor congresului. În continuare, acad. V. Trapeznicov, directorul Institutului de Automatică și Telemecanică al Academiei de Științe a U.R.S.S., a prezentat raportul intitulat : „Automatica și umanitatea".

Cea de a doua ședință plenară a fost consacrată prezentării concluziilor pe secții și cuvîntărilor de închidere a congresului.

În cinstea participanților la congres a fost organizată o recepție în marele palat al Kremlinului, unde oaspeții au fost salutați de reprezentanți ai Guvernului Sovietic și ai Academiei de Științe a U.R.S.S.

Remarcăm că în lucrările congresului au avut o pondere importantă problemele legate de realizarea de noi produse electrotehnice, utilizate în automatizări, de studiul caracteristicilor acestor produse, precum și problemele de acționări electrice.

Astfel, în referatele prezentate de *M. Rozenblat* (U.R.S.S.), *H. Storm* și *C. Flairthy* (S.U.A.), *I. Nagy* (R.P.U.), *P. Schiaffino* (Italia), au fost analizate caracteristicile materialelor feromagnetice utilizate în construcția amplificatoarelor magnetice, precum și caracteristicile anumitor tipuri de amplificatoare magnetice.

Y. Oshima și *I. Egawa* (Japonia) au prezentat construcția și metoda de comandă a unui nou motor cu funcționare discretă (în pași) cu acțiune rapidă.

Referatul lui *O. Benedikt* (R.P.U.) și cel al colectivului *F. Csáki I. Fekete, J. Borka* (R.P.U.) au analizat noul amplificator rotativ „Autodin", realizat de Benedikt, care prezintă o serie de avantaje tehnico-economice față de mașinile amplificatoare cunoscute.

L. Hannakam (R.F.G.) a prezentat referatul intitulat „Schemele structurale și caracteristicile de frecvență ale mașinilor de curent alternativ".

Problemelor de acționări electrice le-au fost consacrate, printre altele, referatele lui *S. Strahov* și *A. Efendizade* (U.R.S.S.), *G. Quazza* (Italia), *K. Stahl* (R.F.G.), *D. Damsker, N. Costake, R. Fleischer* și *G. Weinrich* (R.P.R.), *D. Finfescu* și *R. Zăroni* (R.P.R.).

Delegația R.P.R. la acest congres a fost condusă de acad. *Gr. C. Moisil*, membru în prezidiul Academiei R.P.R. Delegația R.P.R. a avut o participare activă, prezentînd 6 referate (acad. *Gr. Moisil, V. M. Popov* și *M. Duma* în secțiile de teorie, *F. Munteanu* și *S. Schächter* în secțiile de elemente, precum și cele două referate amintite mai sus în secțiile de aplicații), și prezidînd 3 ședințe de secții (acad. *Gr. Moisil*, prof. *C. Penescu* și *M. Popov*).

În cadrul vizitelor efectuate în institutele și întrprinderile sovietice, delegația R.P.R. a avut un prețios schimb de experiență și consultări fructuoase cu specialiștii sovietici. De asemenea, cu prilejul congresului au avut loc intense schimburi de păreri cu specialiștii automaticieni din toată lumea.

ing. **M. Duma**

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU, prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, prof. dr. ing. A. AVRAMESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R. (redactor responsabil), ing. V. BUNEA, laureat al Premiului de Stat, prof. dr. ing. V. CORLĂTEANU, ing. ȘT. GROSU conf. ing. GH. HORTOPAN, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. G. LAZARIDE, prof. dr. ing. R. RĂDULET, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat.

Revista „ELECTROTEHNICA", organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Grele. Editor : Asociația Științifică a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. Redacția și Casieria : București, Str. Ion Ghica, nr. 3. Telefon 14.15.95 Administrația : București, Calea Victoriei, nr. 118. Telefon 14 06 24. Redacția își rezervă toate drepturile privind lucrările precum și materialul grafic-ilustrativ apărut în revistă, cît și privitoare la traducerea în limbi străine. Se admit extrase, referate sau comentarii numai cu indicarea completă a sursei. Revista apare lunar. Abonamentul anual : pentru întreprinderi lei 100, individuale lei 30. Prețul unui exemplar : lei 5. Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediile filialelor ASIT, precum și la responsabilii cu presa din cercurile ASIT. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinetele tehnice în contul nostru de virament : Publicațiile Tehnice ASIT-070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin București. Tiparul : Întreprinderea Poligrafică Nr. 2. — c. 2711.

INHALTSVERZEICHNIS

Für die stetige Erhöhung des technischen Niveaus der Produktion.

Electrotehnica **8** (1960) 8, 265—266

DK 621.312.001.12 (498)

Crişan I. : **Die Entwicklung der elektrotechnischen Industrie im Lichte der Richtlinien des III. Kongresses der Rumänischen Arbeiterpartei.**

Electrotehnica **8** (1960) 8, 267—274

DK 621.312.001.12 Electroaparataj

Cosmin Gh. : **Zehn Jahre Tätigkeit des Unternehmens „Electroaparataj" und seine Entwicklungsaussichten im Rahmen des Sechsjahresplanes.**

Electrotehnica **8** (1960) 8, 274—279

DK 621.316.925.43.001.24

Huhulescu M. : **Ein Verfahren zur Berechnung der elektromagnetischen Relais.**

Electrotehnica **8** (1960) 8, 279—285

Es wird eine Rechenmethode vorgeführt, aus welcher sich die für die Erlangung der Auslösungskraft des Apparats nötige Anzahl Windungen ergibt.

Es wird die allgemeine Rechenmethode angegeben und ein Rechenbeispiel dargelegt.

Die auf verschiedene Apparate durchgeführten Laborversuche bestätigen die Richtigkeit dieser Methode.

Die vergleichende Vorführung der experimentalen Ergebnisse mit jenen auf rechnerischer Grundlage gestattet den Genauigkeitsgrad der Rechenmethode festzulegen.

DK 621.314.2 ; 537.212 ; 621.317.727

Serbănescu B. : **Die Bestimmung der elektrostatischen Felder in Transformatoren mit Hilfe des elektrolytischen Troges.**

Electrotehnica **8** (1960) 8, 286—293

Der Aufsatz enthält eine Darstellung der Verteilung von Laplace-Feldern mit Hilfe des elektrolytischen Bades. Man zeigt die theoretischen Grundlagen der Analogie, das Funktionierungsprinzip des elektrolytischen Bades, seine Messungsmöglichkeiten sowie die Modellierung der verschiedenen zwei- und dreidimensionalen Felder mit Drehsymmetrie.

Schliesslich werden das bei ICET konstruierte elektrolytische Bad beschrieben und die Verteilung der Spannungen in einem Transformator von 20 MVA, 110 30, 5 6 kV gezeigt.

RUNDSCHAU, 293—295

BÜCHER, 296—297

NACHRICHTEN, 298—300

CZ 537.226 ;621.3.011.5

Vasyluk, R. :

Variația constantei dielectrice a dilectricilor solizi în funcție de frecvență. Slaboprondy Obz. **21** (1960) 3, 145—152, 13 fig., 8 ref.

CZ 537.259

Chládek, J. :

Puterea și curentul de ionizare într-un dielectric cu un interstițiu. Elektrotechn. Obz. **49** (1960) 3, 148—153, 8 fig., 12 ref.

CZ 537.529 ;621.314.2

Barták. A., Kreisinger, V. :

Ionizarea în transformatoare. Elektrotechn. Obz. **49** (1960) 3, 141—147, 40 fig., 10 ref.

621.313. MAȘINI ELECTRICE

CZ 621.313.322—57 ;621.313.325

Ionescu, Al. :

Pornirea în compensator sincron a generatoarelor. Energetica **8** (1960) 2, 63—66, 1 fig.

CZ 621.313.2.017.71

Panfilov, N. A. :

Variația performanțelor mașinilor de c.c. cu temperatura ambiantă și cu altitudinea. Electricestvo **81** (1960) 3, 30—33, 4 diagr., 2 ref.

CZ 621.313.2.042.12 ;621.3.013.1

Ageev, I. Z. :

Distribuția fluxului magnetic și cîmpul de comutație al mașinilor cu toți polii de comutație sau cu jumătate din ei. Elektricestvo **81** (1960) 3, 38—45, 7 fig., 4 ref.

CZ 621.313.322—81.001.14

Sliva, B. :

Progrese în proiectarea marilor turbogeneratoare. Przegl. Elektrotechn. **36** (1960) 2, 45—51, 19 fig., 7 ref.

CZ 621.313.322—82 ;621.316.7

Aschembach, H. :

Reglajul hidrogeneratoarelor mari. Elektrotechn. Z. ed. A **81** (1960) 7, 227—240, 22 fig., 1 tab., 28 ref.

CZ 621.313.322—82—71+621.314.21—71

Rossier, Cl. :

Probleme de răcire. Bull. Assoc. suisse Electr. **51** (1960) 6 246—249, 9 fig.

CZ 621.313.333.2.045.5

Bartáková, B., Rychlera, M. :

Rotoarele cu aluminiu la tropice. Elektrotechnik **15** (1960 3, 68—69.

CZ 621.313.333.2.043.

Kesavamurthy, N., Rajagopalan, P. K. :

Mașina de inducție polifazată cu rotor din oțel masiv. Trans Amer. Inst. Electr. Engrs III **78** (1959) 45, 1 092 —1 098 5 fig. 1. tab., 9 ref.

621.314.1/3 TRANSFORMATOARE ELECTRICE

CZ 621.314.2.041.1.001.1

Kuilovski, P., Kukușev H. :

Determinarea dimensiunilor optime ale unui transformato Electricestvo **81** (1960) 3, 43—48, 2 fig.

CZ 621.314.2.004

Csikós. B. :

Probleme speciale ale exploatării transformatoarelor. Elel trotechnika **52** (1959) 11—12, 497—519, 12 fig., 12 tab., 4 re

CZ 621.314.2.015.

Gorio, V. :

Solicitările la impuls în transformatoarele cu spire intere late. Elettrotecnica **47** (1960) 2, 78 — 86, 25 fig., 1 tal 4 ref.

CZ 421.314.214

Dittberner, H. :

Aparatajul pentru reglajul transformatoarelor. Electrotech Z. ed.A. **81** (1960) 7, 269—274, 13 fig., 7 ref.

CZ 621.314.2.017.7 ;536.52

Beavers, M. F. :
Măsurarea temperaturii aerului ambiant în timpul încercării de temperatură a transformatoarelor Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs. III **78** (1959) 45, 1 021—1 029, 20 fig., 3 tab., 5 ref.

CZ 621.314.2 ;017.7 ;536.71

Narbut, P., Maslin, A. J., Wassermanov, G. :
Răcirea prin vaporizare a transformatoarelor de putere. Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs III **78** (1959) 45, 1 319—1 327, 13 fig., 1 tab.

621.314.6 REDRESOARE

CZ 621.314.65.027.3.001.4

Polyak, G. J., Golyatin, V. Y. :
O schemă pentru încercarea celulelor redresoare mari pentru înaltă tensiune. Elektricestvo **81** (1960), 73—74, 5 fig.

CZ 621.314.63+621.315.59 ;621.357

Van Dievsel, W. :
Redresoarele cu semiconductoare pentru electroliză. Bull. Soc. royals belge Electr. rev. **3** (1960) 1, 31—43, 21 fig., 4 tab. 12 ref.

621.315.62 IZOLATOARE

CZ 621.315.62—757

Javov, G. :
Murdărirea izolatoarelor. Elektrotechnika **52** (1959) 11—12, 534—537, 2 fig.

621.316.5 APARATAJ

CZ 621.316.54.066.6 ;620.193.21

Weissler, J. :
Încercarea la coroziune a contactelor electrice Feinwerktechnik **64** (1960) 2, 58—61, 11 fig.

---

621. 316.9 DISPOZITIVE DE PROTECȚIE

CZ 621.316.93 ;621.311.46

Ilie, M. :
Elemente ale protecției împotriva supratensiunilor necesare bazei modelării pentru studiul comportării stațiilor la supratensiuni atmosferice. Energetica **8** (1960) 2, 69—75, 10 fig., 1 tab. 4 ref.

621.317 TEHNICA MĂSURILOR ELECTRICE

CZ 621.317.772

Maizières, C. :
Despre comportarea defazorului în punte cu rezistență și capacitate. Rev. Gén. Electr. **69** (1960) 2, 115—120, 10 fig., 1 tab.

CZ 621.317.31 : 551.594

Popolanský, F. :
Măsurarea curenților de trăsnet pe liniile de foarte înaltă tensiune. Elektrotechn. Obz. **49** (1960) 3, 117—124, 8 fig., 1 tab., 21 ref.

---

621. 317.7 APARATE DE MĂSURĂ

CZ 621.317.714.011.2

Harl, W. :
Rezistența interioară a ampermetrelor cu șunțuri. Elektrie **14** (1960) 3, 103—104, 3 fig.

CZ 621.317.753

Scabrosi, A. :
Corectarea caracteristicii de frecvență a oscilografelor electromagnetice. Elektrotehnica **47** (1960) 2, 58—65, 21 fig., 1 tab., 6 ref.

---

621. 319.4 CONDENSATOARE

CZ 621.319.4.016.313

Nartowski, Z. :
Calculul asimetriei bateriilor de condensatoare funcționînd în paralel în circuite dublă stea, în eventualitatea defectelor interne. Przegl. Elektrotechn. **36** (1960) 2, 61—63, 5 fig., 1 ref.

621.33 TRACȚIUNE ELECTRICĂ

CZ 621.332 ;621.311.442

Bojarski, W. :
Alegerea tensiunii de alimentare pentru substațiile de redresare ale căilor ferate Przegl. Elektrotechn. **36** (19 0), 2 2—57, 3 diagr. 2 tab.,

A. AVRAMESCU și V. CÎNDEA

INTRODUCERE ÎN DOCUMENTAREA ȘTIINȚIFICĂ

UN MANUAL COMPLET, care să introducă pe cercetător în problemele, organizarea, tehnica și utilizarea documentării științifice moderne nu a apărut încă în țara noastră. Lucrarea de față umple această lacună din literatura noastră tehnico-științifică. În patru mari capitole (1. Istoricul și organizarea documentării; 2. Organisme de documentare; 3. Documentele; 4. Utilizarea documentării) se tratează despre istoria circulației informațiilor, organizarea documentării în lumea întreagă, modul de consemnare a informațiilor, genurile de documente și tehnica depistării și a folosirii lor. În paragrafe speciale se prezintă cele mai noi metode și tehnici aplicate în documentare, de la mașinile de tradus pînă la selectoarele electronice, aparatele moderne de reproducere a documentelor sau de înregistrare a informațiilor.

Răspunzînd cerințelor actuale ale cercetării, cartea acordă atenția cuvenită tuturor genurilor de documente existente: documente scrise (manuscrise, documente istorice, cărți, reviste, ziare, foi volante, brevete, stasuri etc.), documente-imagini (schițe, hărți, desene, gravuri, fotografii, imagini de pe piese de artă minoră etc.), documente auditive (fonograme, discuri, benzi magnetice) și auditivo-vizuale (filme sonore), piese de colecții și muzee (piese naturale, biologice, artificiale). Pe lîngă cunoașterea genurilor de documente cercetătorului i se furnizează indicații asupra colecțiilor în care se păstrează aceste documente, modul de a le depista și procura, modul de descriere și citare a lor în lucrările științifice, modul de extragere, analiză și utilizare a informațiilor consemnate în aceste documente.

O serie de anexe dau indicații practice asupra organismelor de documentare (arhive, biblioteci, muzee, colecții), din R.P.R. și din alte țări, asupra prescurtărilor uzuale de titluri de periodice sau alte prescurtări folosite în descrierile bibliografice, termenii uzuali de bibliografie și echivalentul lor în mai multe limbi, translitterarea caracterelor chirilice etc. Lucrarea este bogat ilustrată cu reproduceri de documente sau aparate folosite în tehnica documentării.

Lucrarea utilizează o bogată literatură de specialitate și se adresează, în primul rînd, cercetătorilor, beneficiarii cei mai exigenți ai documentării, pe care îi introduce treptat în problemele acestui domeniu al muncii intelectuale, de la abordarea unei teme de cercetare și pînă la constituirea și utilizarea completă a documentației necesare pentru trecerea la cercetarea propriu-zisă. Cartea va fi utilizată însă cu profit de orice lucrător, intelectual, de ingineri, medici, studenți, ziariști, regizori, conferențiari, inovatori, de bibliografi și bibliotecari, de documentaliști și conservatori de muzeu.

* * *

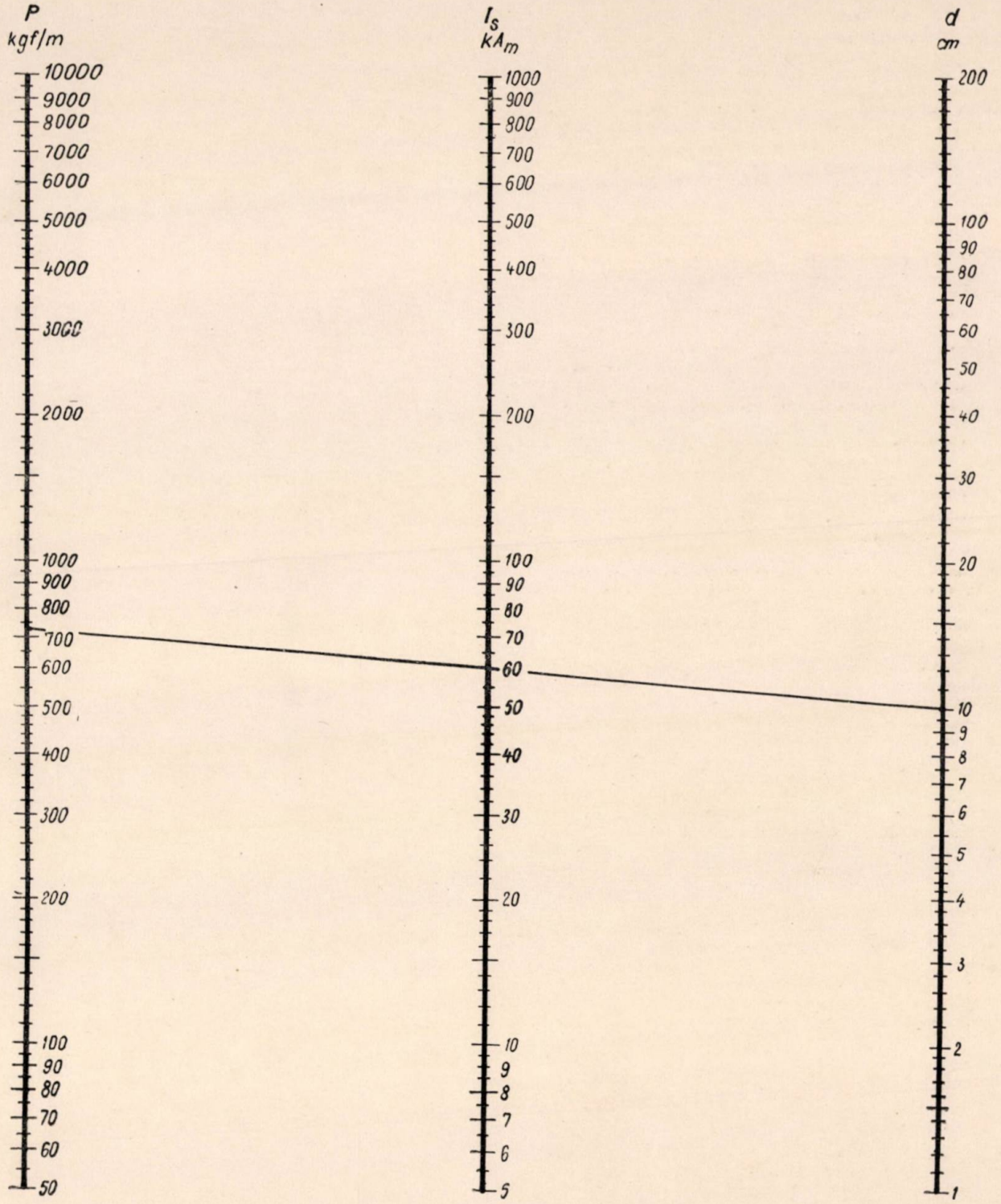
Lucrarea cuprinde 520 pagini
și este legată în pînză
Formatul 25 × 17,5 cm.
Prețul 25,70 lei

Se poate procura de la Librăria Academiei R.P.R., București, Calea Victoriei nr. 27, sau de la ori ce librărie din țară.

Se poate comanda și prin poștă la Secțiile „Cartea prin poștă" de pe lîngă librăriile principale din reședințele de regiune sau la librăria „Cartea prin poștă", București, str. Biserica Enei nr. 16, raionul I. V. Stalin.

Efectul mecanic al curenților de scurtcircuit

Formula de calcul : $P = 2{,}04 \frac{I_s^2}{d}$



P — forța de atracție sau de respingere (kgf/m);
I_s — amplitudinea maximă a curentului de scurt circuit (kA_m);
d — distanța între conductori (cm).

Exemplu : Fie $I_s = 60$ kA_m și $d = 10$ cm;
rezultă : $P = 730$ kgf/m.

(După **A. Avramescu**)

LEI 5

E. 2040

R REFERATIVA

ELECTROTEHNICA

9

Electrotehnica — Bucureşti ★ Anul 8 ★ nr. 9 ★ p. 301 — 340 ★ septembrie 1960

ELECTRIFICAREA SPRE BINELE OMULUI

Siguranţa în instalaţiile electrice şi protecţia omului

Prin creşterea permanentă şi rapidă a electrificării în industrie şi în economie, siguranţei în exploatare a instalaţiilor executate îi revine o importanţă tot mai mare. Uşor se pot produce defecte pe conducte şi acestea pot repede provoca accidente cu urmări materiale. Este deci în joc viaţa atît de scumpă a omului. Aceste accidente pot fi oare evitate? Răspunsul este „DA!".

Întreruptoarele de protecţie automate ESD protejează oamenii şi animalele contra tensiunilor de atingere, periculoase.

Întreruptoarele de protecţie automate ESD măresc siguranţa instalaţiilor electrice din agricultură, din industrie şi din locuinţe.

Cereţi prospecte detaliate!

VEB Elektroschaltergeräte Dresden

DRESDEN N 30, FRANZ-LEHMANNSTR. 5 (Deutsche Demokratische Republik)

Reprezentanţa noastră:

Ambasada Republicii Democrate Germane în Republica Populară Romînă

Secţia comercială: **Bucureşti, Calea Dorobanţilor 14**

ELECTROTEHNICA

Anul 8 nr. 9 septembrie 1960

CUPRINS

CZ 621.313.32.044.53.001.1 : 512.831

Nedelcu V. : **Ecuaţiile matriciale de funcţionare ale maşinii sincrone cu poli aparenţi în sistemul de coordonate** *d, q, o.*

Electrotehnica *8* (1960) 9, 301–307

Pornindu-se de la ecuaţiile de funcţionare ale maşinii sincrone cu poli aparenţi în sistemul holonomic de coordonate, considerînd maşina trifazată se deduc ecuaţiile matriciale de funcţionare ale maşinii în sistemul de coordonate *d, q, o,* prin aplicarea transformării Park-Gorev.

CZ 621.316.57-8.001.2/4

Máthé B., Máthé S. : **Calculul şi experimentarea dispozitivelor de acţionare ale întreruptoarelor de înaltă tensiune.**

Electrotehnica *8* (1960) 9, 307–313

Se prezintă o metodă de calcul a dispozitivelor de acţionare a întreruptoarelor de înaltă tensiune, în general, cum şi rezultatele calculării şi experimentării diferitelor tipuri de dispozitive de acţionare, proiectate şi executate la uzina Electroputere. Materialul expus a fost întocmit pe baza probelor complete de tip, ale diferitelor construcţii de dispozitive.

CZ 621.315.624 :621.317.333.83

Drăgan G., Popa B. : **Încercarea izolatoarelor electrice de fabricaţie românească pentru liniile de 10–35 kV.**

Electrotehnica *8* (1960) 9, 313–321

După ce se arată necesitatea încercării izolatoarelor de fabricaţie românească, se stabileşte metodologia de încercare şi caracteristicile necesare ale instalaţiilor utilizate.

Se prezintă rezultatele obţinute la încercarea izolatoarelor de linie (10–35 kV). Din analiza acestor rezultate se trag concluzii utile în exploatare şi pentru fabricile constructoare.

CZ 621.319.42 : 621.396

Marcus B., Ciontea I., Kovacs I., Vişoiu V., Diaconu L., Şoltuz C. : **Condensatoare ceramice pentru radiotehnică.**

Electrotehnica *8* (1960) 9, 321–327

Se prezintă un dielectric ceramic pentru condensatoare tip N 750 avînd constanta dielectrică 87 şi tangenta unghiului de pierderi sub 6.10^{-4} la o frecvenţă de 10^6 Hz.

Sînt prezentate tehnologiile de pregătire a masei, precum şi tehnologia de realizare a condensatoarelor ceramice. De asemenea se arată măsurătorile efectuate pe loturi de condensatoare conform recomandărilor C.E.I. privitoare la condensatoarele ceramice disc.

CZ 621.3 : 518.5

PENTRU TÎNĂRUL INGINER

Gheorghiu M., Ştefănescu N. : **Unele aspecte ale folosirii riglei de calcul în electrotehnică.**

Electrotehnica *8* (1960) 9, 328–333

Se prezintă posibilităţile de utilizare ale riglei de calcul obişnuite pentru unele operaţii curente în electrotehnică : transformarea fazorilor din forma algebrică în cea exponenţială şi reciproc, calculul cu funcţii hiperbolice, calculul căderii de tensiune în conductoare şi cel al rezistenţei conductoarelor de cupru.

CZ 621.314.224.3 : 538.244

NOTE

Semlyén A. : **Magnetizarea transversală şi aplicarea ei la transformatoare de curent.**

Electrotehnica *8* (1960) 9, 333–337

Se prezintă modurile de realizare a magnetizării transversale complete a miezurilor feromagnetice cu eliminarea cuplajului longitudinal.

În continuare, se examinează funcţionarea cu amplificator magnetic a unui dispozitiv utilizînd magnetizarea transversală precum şi utilizarea magnetizării transversale în scopul micşorării erorilor transformatoarelor de curent.

CRONICA, 338

DOCUMENTARE, 339–340

CONTENTS

DC 621.313.32.044.53.011.1

Nedelcu V. : **The matrix equations for the operation of the synchronous machine with salient poles in the** d, q, o **coordinates system.**

Electrotehnica *8* (1960) 9, 301–307

Starting from the equations concerning the operation of synchronous machine with salient poles in the holonomical coordinates system considering the three-phase machine, the matrix equations of the machine operation in the d, q, o coordinates system are deduced by application of the Park-Gorev transformation.

DC 621.316.57—8.001.2/4

Máthé B. and *Máthé S.* : **Computing and testing the driving devices of high voltage switches.**

Electrotehnica *8* (1960) 9, 307–313

A new method of computing the driving devices of high voltage switches, in general, are presented together with the results of calculating and testing the different driving devices types, designed and performed at the factory „Electroputere". The materials published in this paper were worked out on basis of complete type samples of the different constructions of devices.

DC 621.315.617 ; 621.317.333.83

Drăgan G. and *Popa B.* : **Testing of Rumanian made insulators for 10–35 kV lines.**

Electrotehnica *8* (1960) 9, 313–321

After a discussion of the necessity of testing the Rumanian made insulators, the authors establish the testing methods and the necessary characteristics of the used plants. The results obtained in testing the electric line insulators (10–35 kV) are briefly indicated. From the analysis of these results, useful conclusions for working are drawn also for the use of this kind of building plants.

DC 621.319.42 ; 621.396

Marcus B., Ciontea I., Kovacs I., Vişoiu V., Diaconu L. and *Solţuz C.* : **Ceramic capacitors for radiotechnics.**

Electrotehnica *8* (1960) 9, 321–327

A ceramic dielectric is presented for N 750 type capacitors with an 87 dielectric constant and the loss-angle tangent below 6.10^{-4} at a frequency of 10^6 Hz.

The mass preparation techniques, as well as the achievement technology of ceramic capacitors are described. The measurements carried out on lots of capacitors, following the recommendations of the Electrical Research Institute CEI concerning disc ceramic capacitors are equally presented.

FOR THE YOUNG ENGINEER

DC 621.3 ; 518.5

Gheorghiu M., Ştefănescu N. : **Some aspects of using the slide rule in electrical engineering.**

Electrotehnica *8* (1960) 9, 328–333

Some possibilities are presented of using the common slide rule for certain current operations in electrical engineering, viz. : transforming time vectors from the algebraic form into exponential form and reversely, the calculus of voltage drop in conductors and the calculus of the resistance of copper conductors.

NOTES

DC 621.314.224.3 ; 538.244

Semlyen A. : **The transverse magnetization and its application to current transformers.**

Electrotehnica 8 (1960) 9, 333–337

The ways of achieving the complete transverse magnetization of ferro-magnetic cores with elimination of the longitudinal coupling are shown. In continuation, the operation with a magnetic amplifier of a device using the transverse magnetization, as well as the utilization of the transverse magnetization in view of diminishing the errors of current transformers, are equally discussed.

CHRONICLE, 338
DOCUMENTATION, 339–340

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.313.32.044.53.011.1 ; 512.831

Nedelcu V. ; **Матричные уравнения работы синхронной машины с явно выраженными полюсами в системе координат.**
Electrotehnica *8* (1960) 9, 301–307

Исходя из уравнений работы синхронной машины с явно выраженными полюсами в голономной системе координат, считая машину трехфазной, выводятся матричные уравнения работы машины в системе координат *d*, *q*, *o* применением преобразования Парка-Горева.

ДК 621.316.57—8.001. 2/4

Mathé B., Mathé S. : **Расчет и испытание приводных механизмов прерывателей высокого напряжения.**
Electrotehnica *8* (1960) 9, 307–313

Представлен в общих чертах расчетный метод приводных механизмов прерывателей высокого напряжения, а также результаты расчета и испытания различных типов приводных механизмов, разработанных и осуществленных заводом Электропутере. Представленый материал составлен на основе комплексных типовых испытаний механизмов различных конструкций.

ДК 621.315.624 ; 621.317.333.38

Drăgan G., Popa B. ; **Испытание электроизолятроов отечественного производства для 15—35 кв линий.**
Electrotehnica *8* (1960) 9, 313–321

Отмечается необходимость испытания изоляторов отечественного производства, уточняется методология испытаний и даются соответствующие характеристики применяемых установок.

Представлены результаты испытаний изоляторов для линий электропередачи (10—35 кв), на основе которых выводятся рекомендации предлагаемые вниманию эксплуатационников и заводов изготовителей.

ДК 621.319.42 ; 621.396

Marcus B., Ciontea I., Kovacs I., Vişoiu V., Diaconu L., Soltuz C.: **Керамические конденсаторы для радиотехники.**
Electrotehnica *8* (1960) 9, 321–327

Представлен керамический диэлектрик для конденсаторов типа Н750 с диэлекрической константой 87 и тангенсом угла потерь менее 6.10^{-4} при частоте 10 гц.

Описана технология приготовления массы и изготовления керамических конденсаторов. Указаны измерения проведенные на партиях конденсаторов соответственно рекомендациям МЭК относительно дисковых керамических конденсаторов.

ДК 621.315.18.5

ДЛЯ МОЛОДОГО ИНЖЕНЕРА

Gheorghiu M., Ştefănescu N. : **Некоторые аспекты применения логарифмической линейки в электротехнике.**
Electrotehnica *8* (1960) 9, 328–333

Изложены возможности применения логарифмической линейки для ряда обычно выполняемых операций в области электротехники: преобразование комплексных векторов из алгебраической в экспоненциальную форму и наоборот, расчет с применением гиперболических функций, расчет падения напряжения в проводниках и сопротивления медных проводников.

ДК 621.314.224.3 ; 538.244

ЗАМЕТКИ

Semlyén A. : **Поперечное намагничивание и его применение в трансформаторах тока.**
Electrotehnica *8* (1960) 9, 333–337

Представлены способы полного поперечного намагничивания ферромагнитных сердечников с устранением продольной связи.

Рассматривается работа механизма с магнитным усилителем при применении поперечного намагничивания, а также применение поперечного намагничивания для снижения погрешностей трансформаторов тока.

ХРОНИКА, 338
ДОКУМЕНТАЦИЯ, 339–340

INHALT

DK 621.313.32.044.53.011.1 ; 512.831

Nedelcu V. : **Die Matrizen-Betriebsgleichungen der Synchronmaschinen mit ausgeprägten Polen im d, q, o — Koordinatensystem.**

Electrotehnica *8* (1960) 9, 301–307

Von den Betriebsgleichungen der Synchronmaschinen mit ausgeprägten Polen im holonomen Koordinatensystem ausgehend, ergeben sich für die Drehstrommaschine die Betriebsgleichungen dieser Maschine im d, q, o-Koordinatensystem durch Anwendung der Park-Gorev-Transformation.

DK 621.316.57—8.001.2/4

Mathe B., Mathe S. : **Berechnung und Prüfung von Antriebsvorrichtungen für Hochspannungsschaltern.**

Electrotehnica *8* (1960) 9, 307–313

Es wird eine Berechnungsmethode der Antriebe von Hochspannungsschaltern im allgemeinen angegeben, worauf die Berechnungs- und die Prüfergebnisse verschiedener, im „Electroputere"-Werk entworfenen und ausgeführten Typen von Antrieben folgen.

Das behandelte Material stützt sich auf die endgültigen Proben von Typen der verschiedenen Antriebe.

DK 621.315.624 ; 621.317.333.83

Drăgan G., Popa B. : **Die Prüfung der rumänischen Isolatoren für 10–35 kV-Leitungen.**

Electrotehnica *8* (1960) 9, 313–321

Nach dem auf die Notwendigkeit der Prüfung einheimischer Isolatoren hingewiesen wird, gibt man die Prüfmethoden, sowie die von den angewandten Einrichtungen zu erfüllenden Bedingungen an.

Dann werden die Ergebnisse aufgezählt, die man beim Prüfen der 10–35 kV-Freileitungsisolatoren erzielte. Aus der Ueberprüfung dieser Resultate können Schlüsse, die sowohl für den Betrieb als auch für die erzeugenden Unternehmen von Nutzen sind, gezogen werden.

DK 621.319.42 ; 621.396

Marcus B., Cionte I., Kovacs I., Vişoiu V., Diaconu L., Soltuz C. : **Keramische Kondensatoren für die Radiotechnik.**

Electrotehnica *8* (1960) 9, 321–327

Man beschreibt ein keramisches Dielektrikum für Kondensatoren der Type N 750 mit der Dielektrizitätskonstante 87 und dem Verlustwinkel unter 6.10^{-4} bei 10^6 Hz.

Es werden die Herstellungsverfahren der Masse und der keramischen Kondensatoren beschrieben. Auch wird über die Messungen berichtet, welche an Kondensatoren entsprechend den C. E. I.-Empfehlungen bzgl. keramischer Scheibenkondensatoren ausgeführt wurden.

FÜR DEN JUNGINGENIEUR

DK 621.3 ; 518.5

Gheorghiu M., Ştefănescu N. : **Zur Verwendung des Rechenschiebers in der Elektrotechnik.**

Electrotehnica *8* (1960) 9, 328–333

Man zeigt die Anwendungsmöglichkeiten des gewöhnlichen Rechenschiebers für laufende Rechnungsarten in der Elektrotechnik. Als Beispiele bespricht man: die Umwandlung der Zeitvektoren aus der algebraischen in die Exponentialform und umgekehrt, die Rechnung mit Exponentialfunktionen, die Berechnung des Spannungsabfalles in Leitern und des Widerstandes von Kupferleitern.

KURZBERICHTE

DK 621.314.224.3 ; 538.244

Semlyen A. : **Die Quermagnetisierung und ihre Anwendung bei Stromwandlern.**

Electrotehnica *8* (1960) 9, 333–337

Man beschreibt die verschiedenen Arten zur Erzeugung der vollständigen Quermagnetisierung von Magnetkernen unter Ausschaltung der Längskopplung.

Ferner wird eine Einrichtung, welche die Quermagnetisierung ausnutzt, in ihrer Wirkungsweise als magnetischer Verstärker, sowie die Verwendung der Quermagnetisierung zur Herabsetzung der Messfehler bei Stromwandlern untersucht.

NACHRICHTEN, 338

RUNDSCHAU, 339–340

MŰSZAKI KÖNYVIZSGÁLÓ 1983

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ȘI AL MINISTERULUI INDUSTRIEI GRELE

Anul 8 nr. 9 București, septembrie 1960

Ecuațiile matriciale de funcționare ale mașinii sincrone cu poli aparenți în sistemul de coordonate *d, q, o*

Vasile Nedelcu* – București

Condițiile în care funcționează mașina sincronă interesează în cel mai înalt grad atît pe constructorii de alternatoare cît și pe energeticieni.

Se exminează ecuațiile mașinii sincrone scrise sub formă matricială și aplicînd o metodă de transformare dedusă de Park și Gorev.

Inginerii constructori și energeticienii vor găsi în lucrare interesante sugestii care se pot aplica în proiectare și exploatare.

CZ. 621.313.32.044.53.011.1 : 512.831

Pentru studiul teoretic al proceselor tranzitorii în mașinile sincrone cu intrefier neuniform, deosebit de fructuoasă s-a dovedit a fi teoria celor două reacții a mașiniii sincrone, extinsă la valorile instantanee ale mărimilor electromagnetice (ecuațiile Park-Gorev).

Se știe, că ecuațiile de funcționare ale mașinii în diverse regimuri tranzitorii electromagnetice sau electromecanice se simplifică, alegînd în mod convenabil sistemul de coordonate în raport cu care se stabilesc ecuațiile respective.

În scopul retranscrierii ecuațiilor de funcționare ale mașinii dintr-un sistem de coordonate în alt sistem de coordonate, aplicarea calculului matricial (tensorial) prezintă avantaje deosebite, atît în ceea ce privește înțelegerea sensului fizic al transformărilor concepute, ușurința în urmărirea operațiilor matematice, cît și în privința economiei de timp și spațiu la scrierea ecuațiilor.

În domeniul aplicării calculului matricial la studiul mașinilor electrice, ecuațiile mașinii generalizate stabilite în [1] au constituit punctul de plecare pentru multe lucrări valoroase (de exemplu : [3], [5], [6], [9], [10] etc ···).

Modelul fizic însă al mașinii generalizate „primitive", n-are niciun corespondent real în cîmpul mașinilor electrice.

În realitate, ecuațiile acestei mașini fictive descriu fenomenele electromagnetice care se desfășoară într-o mașină sincronă reală avînd un număr corespunzător de circuite rotorice, dacă aceste fenomene se raportează la sistemul de coordonate *d*, *q*, *o* și mărimile se exprimă în sistemul reciproc al unităților relative [7].

Din punctul de vedere al predării cursului de mașini electrice, introducerea fără demonstrațiile necesare ale mașinii „primitive" pentru studiul mașinilor electrice și, în special, al mașinilor sincrone cu poli aparenți, creează dificultăți în ceea ce privește înțelegerea și folosirea ulterioară a ecuațiilor generale, întrucît nu rezultă legătura dintre parametrii mașinii reale și ai mașinii primitive, deoarece, după cum se arată chiar în lucrarea [1], ecuațiile de funcționare ale mașinii generalizate (expresia matricei impedanței, a matricei cuplului etc.), „au fost stabilite mai mult sau mai puțin din considerații fizice" (pag. 186).

Tot din același punct de vedere, folosirea unei mașini bifazate pentru transformarea ecuațiilor de funcționare din sistemul holonomic de coordonate în sistemul *d*, *q*, *o* [4], în locul unei mașini trifazate, care se folosește aproape exclusiv în tratarea matematică nematricială a mașinii sincrone, nu subliniază în suficientă măsură aspectul fizic al transformării Park-Gorev.

O expunere completă a transcrierii ecuațiilor de funcționare ale mașinii sincrone din sistemul holonomic de coordonate în sistemul de coordonate al vectorilor rezultanți reprezentativi este dată în [8].

Avînd în vedere cele arătate mai sus, cît și faptul, că ecuațiile matriciale de funcționare ale mașinii sincrone în sistemul *d*, *q*, *o*, se folosesc ca ecuații de plecare pentru rezolvarea a numeroase probleme ale regimurilor tranzitorii, lucrarea de față își propune de a da

* Cand. in șt. tehnice ing. *V. Nedelcu* este conferențiar la Institutul Politehnic din București.

o expunere completă din punctul de vedere al calculului matricial al transformării ecuațiilor de funcționare ale mașinii sincrone trifazate cu poli aparenți din sistemul holonomic de coorodnate în sistemul d, q, o.

1. Ecuația matricială a tensiunilor în sistemul de coordonate holonomic

Se adoptă următoarele ipoteze [11]:

— mașina se consideră idealizată în sensul Park;

— sensul pozitiv al fluxurilor coincide cu sensul pozitiv al curenților în fazele respective;

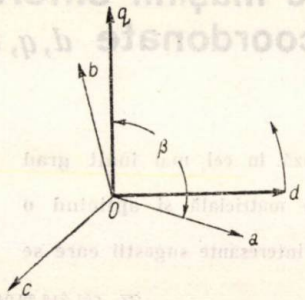


Fig. 1. Schema de referință a mașinii sincrone.

— sensul pozitiv de deplasare al rotorului se consideră contra acelor unui ceasornic (fig. 1);

— regimul de referință de funcționare se consideră regimul generator în sarcină inductivă;

— pentru simplificare, se consideră pe axa longitudinală numai circuitul de excitație, iar pe axa transversală un singur circuit de amortizare.

În conformitate cu ipotezele adoptate, ecuația matricială a tensiunilor în sistemul holonomic de coordonate se poate scrie *:

$$\|u\| = D\,\|\psi\| + \|R\|\,\|i\| \qquad (1)$$

în care:

$D = d/dt$ este simbolul de derivare în raport cu variabila t;

$\|u\|$ — matricea-coloană a tensiunilor instantanee măsurate la bornele înfășurărilor;

$\|\psi\|$ — matricea-coloană fluxurilor rezultante instantanee;

$\|R\|$ — matricea rezistențelor;

$\|i\|$ — matricea-coloană a curenților care circulă prin înfășurările mașinii;

$$\|u\| = \begin{Vmatrix} u_a \\ u_b \\ u_c \\ u_f \\ u_k \end{Vmatrix};\ \|i\| = \begin{Vmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \\ i_f \\ i_k \end{Vmatrix};\ \|\psi\| = \begin{Vmatrix} -\psi_a \\ -\psi_b \\ -\psi_c \\ \psi_f \\ \psi_k \end{Vmatrix}. \qquad (2)$$

* Mărimile sînt exprimate în unități fizice.

$$\|R\| = \begin{array}{c|ccccc} & a & b & c & f & k \\ \hline a & -R & & & & \\ b & & -R & & & \\ c & & & -R & & \\ f & & & & R_f & \\ k & & & & & R_k \end{array} \qquad (3)$$

Matricea fluxurilor rezultante poate fi exprimată în funcție de matricea inductanțelor și a curenților:

$$\|\psi\| = \|L\|\,\|i\| \qquad (4)$$

deoarece, în virtutea ipotezelor adoptate se poate aplica principiul suprapunerii efectelor.

Matricea $\|L\|$ are următoarea expresie:

$$\|L\| = \begin{array}{c|ccccc} & a & b & c & f & k \\ \hline a & -l_a & -m_{ab} & -m_{ac} & +m_{af} & m_{ak} \\ b & -m_{ba} & -l_b & -m_{bc} & m_{bf} & m_{bk} \\ c & -m_{ca} & -m_{cb} & -l_c & m_{cf} & m_{ck} \\ f & -m_{fa} & -m_{fb} & -m_{fc} & L_f & \\ k & -m_{ka} & -m_{kb} & -m_{kc} & & L_k \end{array} \qquad (5)$$

unde:

$$L_f = w_f^2\,G_f\,;\quad L_k = w_k^2\,G_k\,.$$

Inductivitățile proprii și mutuale ale circuitelor statorului, cît și inductivitățile mutuale dintre circuitele statorului și rotorului sînt mărimi variabile, care depind de poziția rotorului față de axa geometrică a fazelor respective și ele pot fi exprimate în funcție de unghiul β și permeanțele magnetice longitudinală și transversală în felul următor [2]:

$$\begin{aligned} l_a &= L_\sigma' + L_{med} - \Delta L\cos 2\beta \\ l_b &= L_\sigma' + L_{med} - \Delta L\cos(2\beta+\rho) \\ l_c &= L_\sigma' + L_{med} - \Delta L\cos(2\beta-\rho) \end{aligned} \qquad (6)$$

unde:

$$L_{med} = 1/2\,(L_{md} + L_{mq});\quad \Delta L = 1/2\,(L_{md} - L_{mq})$$
$$L_\sigma' = w^2\,G_\sigma\,;\ L_{md} = w^2\,G_{md}\,;\ L_{mq} = w^2\,G_{mq} \qquad (6')$$

În mod asemănător pentru inductivitățile mutuale:

$$m_{ba} = m_{ab} = -M_\sigma - M_{med} - \Delta M\cos(2\beta - \rho)$$
$$m_{ca} = m_{ac} = -M_\sigma - M_{med} - \Delta M\cos(2\beta + \rho)$$
$$m_{cb} = m_{bc} = -M_\sigma - M_{med} - \Delta M\cos 2\beta \quad (7)$$

unde:

$$M_\sigma = w^2 G_{m\sigma}\,;\; M_{med} = 1/2 L_{med}\,;\; \Delta L = \Delta M\,; \quad (8)$$
$$m_{af} = m_{fa} = M_d \sin\beta$$
$$m_{bf} = m_{fb} = M_d \sin(\beta - \varphi) \quad (9)$$
$$m_{cf} = m_{fc} = M_d \sin(\beta + \rho)$$

unde:

$$M_d = w w_f G_{md}\,; \quad (9')$$
$$m_{ak} = m_{ka} = M_q \cos\beta$$
$$m_{bk} = m_{kb} = M_q \cos(\beta - \rho) \quad (10)$$
$$m_{ck} = m_{kc} = M_q \cos(\beta + \rho)$$

unde:

$$M_q = w w_k G_{mq} \quad (11)$$

Avînd în vedere relațiile de mai sus, expresia inductanței (5) se poate retranscrie:

unde:

$$\|Z\| = \|R\| + \|X\|$$
$$\|X\| = D\|L\| + \|L\|D \quad (15)$$

$\|Z\|$ este matricea impedanțelor mașinii;

$\|X\|$ — matricea reactanțelor mașinii.

Ecuația (14) reprezintă un sistem de ecuații liniare diferențiale cu coeficienți periodici; pentru a transforma acest sistem într-un sistem de ecuații liniare diferențiale cu coeficienți constanți se impune o schimbare de variabile care în literatură se întîlnește sub denumirea de „transformarea Blondel" (Park-Gorev).

2. Ecuația matricială a tensiunilor în sistemul *d*, *q*, *o*

Legătura dintre mărimile sistemului holonomic de coordonate și ale sistemului *d*, *q*, *o*, se realizează prin intermediul matricei de conexiune (transformare), care în concordanță cu fig. 1, are expresia:

$$\|L\| =$$

	a	*b*	*c*	*f*	*k*
a	$-L + \Delta L\cos 2\beta$	$M + \Delta M\cos(2\beta - \varphi)$	$M + \Delta M\cos(2\beta + \rho)$	$M_d \sin\beta$	$M_q \cos\beta$
b	$M + \Delta M\cos(2\beta - \rho)$	$-L + \Delta M\cos(2\beta + \rho)$	$M + \Delta M\cos 2\beta$	$M_d \sin(\beta - \rho)$	$M_q \cos(\beta - \rho)$
c	$M + \Delta M\cos(2\beta + \varphi)$	$M + \Delta M\cos 2\beta$	$-L + \Delta M\cos(2\beta - \varphi)$	$M_d \sin(\beta + \varphi)$	$M_q \cos(\beta + \rho)$
f	$-M_d \sin\beta$	$-M_d \sin(\beta - \rho)$	$-M_d \sin(\beta + \rho)$	L_f	
k	$-M_q \cos\beta$	$-M_q \cos(\beta - \rho)$	$-M_q \cos(\beta + \rho)$		L_k

(12)

unde prin L și M s-a notat:

$$L = L_\sigma' + L_{med} \quad (13)$$

$$M = M_\sigma + M_{med}$$

Dacă se iau în considerație relațiile (4) și (12) ecuația (1) se restranscrie:

$$\|u\| = D[\|L\|\|i\|] + \|R\|\|i\| \quad (14)$$

sau:

$$\|u\| = \|Z\|\|i\|, \quad (14')$$

$$\|C\| =$$

	o	*q*	*d*	*f*	*k*
a	1	$\cos\beta$	$\sin\beta$		
b	1	$\cos(\beta - \varphi)$	$\sin(\beta - \varphi)$		
c	1	$\cos(\beta + \rho)$	$\sin(\beta + \rho)$		
f				1	
k					1

(16)

După cum rezultă din expresia de mai sus, transformarea propusă afectează numai circuitele statorului. Pentru inversa matricei de conexiune, după regulile algebrei matriciale, se obține:

$$\| C^{-i} \| =$$

	a	b	c	f	k
o	$1/3$	$1/3$	$1/3$		
q	$2/3 \cdot \cos \beta$	$2/3 \cdot \cos(\beta - \varrho)$	$2/3 \cdot \cos(\beta + \varrho)$		
$= d$	$2/3 \cdot \sin \beta$	$2/3 \cdot \sin(\beta - \varrho)$	$2/3 \cdot \sin(\beta + \varrho)$		
f				1	
k					1

(17)

Avînd în vedere transformarea de coordonate propusă, mărimile din vechiul sistem se corelează cu mărimile din noul sistem în modul următor:

$$\begin{aligned} \| u \| &= \| C \| \| u' \| \\ \| i \| &= \| C \| \| i' \| \\ \| \psi \| &= \| C \| \| \psi' \| \end{aligned} \qquad (18)$$

unde:

$\| u' \|$ este matricea-coloană a tensiunilor transformate;

$\| i \|$ — matricea-coloană a curenților transformați;

$\| \psi' \|$ — matricea-coloană a fluxurilor rezultante transformate:

$$\| u' \| = \begin{Vmatrix} u_o \\ u_q \\ u_d \\ u_f \\ u_k \end{Vmatrix}; \| i' \| = \begin{Vmatrix} i_o \\ i_q \\ i_d \\ i_f \\ i_k \end{Vmatrix}; \| \psi' \| = \begin{Vmatrix} \psi_o \\ \psi_q \\ \psi_d \\ \psi_f \\ \psi_k \end{Vmatrix} \qquad (18')$$

La trecerea dintr-un sistem de coordonate în alt sistem de coordonate, apare necesitatea găsirii expresiei matricei impedanțelor mașinii în noul sistem — $\| Z' \|$ — adică a matricei asemănătoare matricei $\| Z \|$.

Pentru aceasta se introduc relațiile (18) în (14) și înmulțindu-se ambele părți din stînga cu $\| C^{-i} \|$, se obține ecuația tensiunilor în sistemul d, q, o:

$$\| u' \| = \| Z' \| \| i' \| \qquad (19)$$

unde:

$$\begin{aligned} \| Z' \| &= \| R' \| + \| X' \| \\ \| R' \| &= \| C^{-i} \| \| R \| \| C \| \\ \| X' \| &= \| C^{-i} \| \{ \| L \| \| C \| D + \| L \| [D \| C \|] + \\ &\quad + [D \| L \|] \| C \| \} \end{aligned} \qquad (20)$$

După efectuarea produselor matriciale, luînd în considerație expresiile (12), (16), (17), relațiile trigonometrice din anexă, precum și derivatele matricei de conexiune și a matricei inductanței, se ajunge la următoarele expresii:

$\| C^{-i} \| \| L \| \| C \| =$

	o	q	d	f	k
o	$-L+2M$				
q		$-(L+M-3/2 \cdot \Delta M)$			M_q
d			$-(L+M+3/2 \cdot \Delta M)$	M_d	
f			$-3/2 \cdot M_d$	L_f	
k		$-3/2 \cdot M_q$			L_k

(21)

$\| C^{-i} \| \| L \| [D \| C \|] =$

	o	q	d	f	k
o					
q			$-(L+M-3/2 \cdot \Delta M) D\beta$		
d		$(L+M+3/2 \cdot \Delta M) D\beta$			
f		$3/2 \cdot M_d \, D\beta$			
k			$3/2 \cdot M_q \, D\beta$		

(22)

$$\| C^{-1} \| [D \| L \|] \| C \| =$$

	o	q	d	f	k
o	.				
q			$-3/2 \cdot 2\,\Delta M D\beta$	$M_d D\beta$	
d		$-3/2 \cdot 2\,\Delta M D\beta$			$M_q D\beta$
f		$-3/2 \cdot M_d D\beta$			
k			$-3/2 \cdot M_q D\beta$		

(23)

Introducînd (21), (22), (23) în expresia lui $\| X' \|$ și luînd în considerație relațiile de mai jos :

$$\begin{aligned} L_d &= L + M + 3/2 \cdot \Delta M = L_\sigma + L_{ad} \\ L_q &= L + M - 3/2 \cdot \Delta M = L_\sigma + L_{aq} \\ L_0 &= L - 2M \qquad\quad = L_\sigma - 2M_\sigma \end{aligned} \tag{24}$$

unde :

$$\begin{aligned} L_\sigma &= L_\sigma + M_\sigma \\ L_{aq} &= 3/2 \cdot L_{mq} \\ L_{ad} &= 3/2 \cdot L_{md} \end{aligned} \tag{24'}$$

se ajunge la următoarea expresie pentru reactanța operațională matricială a mașinii *.

$$\| X' \| =$$

	o	q	d	f	k
o	$-L_0 D$				
q		$-L_q D$	$-L_d D\beta$	$M_d D\beta$	$M_q D$
$= d$		$L_q D\beta$	$-L_d D$	$M_d D$	$-M_q D\beta$
f			$-3/2 \cdot M_d D$	$L_f D$	
k		$-3/2 \cdot M_q D$			$L_k D$

(25)

Deoarece matricea rezistențelor rămîne neschimbată în cele două sisteme de coordonate, rezultă că expresia (25), este identică cu expresia corespunzătoare (30) (part. III), din [1] dacă se iau în considerație diferențele în adoptarea sensurilor pozitive ale diverselor mărimi.

3. Ecuația matricială a tensiunilor în funcție de variabilele ψ_d, ψ_q, ψ_0

Foarte adesea, ecuațiile de funcționare ale mașinii sincrone cu poli aparenți se întîlnesc și în funcție de variabilele ψ_d, ψ_q, ψ_0,

* În continuare, indicii din fața liniilor și coloanelor nu vor mai fi scriși ; ei se vor subînțelege.

Pentru a deduce aceste ecuații, este necesar a introduce relațiile (18) în ecuația (1) ; după înmulțirea ambelor părți din stînga cu $\| C^{-1} \|$ și efectuarea transformărilor matematice, se obține :

$$\| u' \| = \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline -D & & & & \\ \hline & -D & -D\beta & & \\ \hline & D\beta & -D & & \\ \hline & & & D & \\ \hline & & & & D \\ \hline \end{array} \cdot \begin{array}{|c|} \hline \psi_o \\ \hline \psi_q \\ \hline \psi_d \\ \hline \psi_f \\ \hline \psi_k \\ \hline \end{array} + \| R \| \, \| i' \|. \tag{26}$$

Din compararea formulelor (25) și (19) rezultă expresia matricei inductanței în sistemul d, q, o, $-\| L' \|$ — deoarece

$$\| \psi' \| = \| L' \| \, \| i' \| \tag{27}$$

Referitor la ecuația (26), trebuie remarcat faptul, că dacă pentru fluxul ψ_d se adoptă un sens pozitiv contrar celui adoptat inițial această ecuație devine identică cu ecuațiile propuse în [11], care par cele mai indicate.

4. Expresia matricială a puterii active debitată de mașină în rețea

Notînd cu $\| u_s \|$ matricea-coloană a tensiunilor pe fază ale înfășurărilor statorului, cu $\| i_s \|$ matricea-coloană a curenților care circulă prin aceleași înfășurări, expresia matricială a puterii active debitată de mașină în rețea este :

$$P = \| u_{st} \| \, \| i_s \| \tag{28}$$

unde :

$\| u_{st} \|$ este matricea transpusă matricei $\| u_s \|$.

În sistemul d, q, o, dacă se notează prin $\| C_s \|$ matricea de conexiune a mărimilor statorului, a cărei expresie derivă ușor din expresia generală (16), și se aplică transformările :

$$\| u_s \| = \| C_s \| \, \| u'_s \|$$

$$\| i_s \| = \| C_s \| \, \| i'_s \| \tag{29}$$

se obține pentru P :

$$P = \| u'_{st} \| \, \| C_{st} \| \, \| C_s \| \, \| i'_{st} \| \tag{30}$$

După efectuarea transformărilor matematice corespunzătoare se ajunge la expresia clasică a puterii active debitată de mașina sincronă transformată în rețea, mărimile fiind exprimate în unități fizice :

$$P = 3/2 \cdot (2 u_0 i_0 + u_q i_q + u_d i_d) \tag{31}$$

5. Expresia matricială a cuplului electromagnetic dezvoltat de mașina sincronă

Expresia cuplului electromagnetic dezvoltat de mașina sincronă în orice regim de funcționare poate fi dedusă plecînd de la formula generală a lui Maxwell, pentru $\| i \| = \text{const.}$:

$$M = D_\beta \, W \tag{32}$$

unde :

D este simbolul de derivare în raport cu variabila β.

Energia magnetică poate fi exprimată ca produsul dintre matricea transpusă a fluxurilor rezultante și matricea curenților :

$$W = 1/2 \, \| \psi_t \| \, \| i \| \tag{33}$$

În continuare, dacă se ia în considerație egalitatea :

$$\| \psi_t \| = \| i_t \| \, \| L_t \| \tag{34}$$

și se introduce (33) în (32) se obține pentru M :

$$M = \| i_t \| \, \| G \| \, \| i \| \tag{35}$$

unde :

$\| G \|$ este matricea cuplului în sistemul holonomic de coordonate :

$$\| G \| = 1/2 \cdot [D_\beta \, \| L_t \|] \tag{36}$$

Dacă în formula (35) se introduc curenții noi, expresia lui M se transformă :

$$M = \| i'_t \| \, \| G' \| \, \| i' \| \tag{37}$$

unde :

$\| G' \|$ este matricea cuplului în sistemul d, q, o :

unde :

$$\| G' \| = 1/2 \cdot \| C_t \| \, [D_\beta \, \| L_t \|] \, \| C \| \tag{38}$$

$\| i'_t \|$ este matricea transpusă matricei $\| i \|$.

După efectuarea produselor matriciale pentru $\| G' \|$ se găsește următoarea expresie :

$$G' = \frac{1}{2}\frac{3}{2} \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline & & & & \\ \hline & & -(L_d - L_q) & M_d & \\ \hline & -(L_d - L_q) & & & -M_q \\ \hline & M_d & & & \\ \hline & & -M_q & & \\ \hline \end{array} \tag{39}$$

sau, avînd în vedere forma expresiei (37) :

$$\| G' \| = \frac{3}{2} \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline & & & & \\ \hline & & -L_d & M_d & \\ \hline & L_q & & & -M_q \\ \hline & & & & \\ \hline & & & & \\ \hline \end{array} \tag{40}$$

Examinînd expresia (40), se poate ușor observa că elementele sale reprezintă factorii elementelor matricei reactanței mașinii în sistemul d, q, o, (25), care conțin viteza de rotație a rotorului D_β . Deci, mult mai comod, matricea cuplului poate fi dedusă din matricea reactanței, luînd în considerație numai acele elemente care conțin viteza unghiulară de rotație ($D\beta$), și considerînd, indiferent de regimul de funcționare al mașinii, $D\beta = 1$.

De altfel, acest lucru fără demonstrația necesară a fost aplicat în [1]. Spre deosebire de expresia corespunzătoare din [1] elementele matricei (40) sînt înmulțite cu coeficientul 3/2 ; acest lucru se datorește sistemelor de unități de măsură folosite.

Introducînd (40) sau (39) în (37) și observînd că produsul $\| G' \| \, \| i' \|$ reprezintă :

$$\| G' \| \, \| i' \| = \frac{3}{2} \begin{array}{|c|c|} \hline o & o \\ \hline -\psi_d & q \\ \hline \psi_q & d \\ \hline o & f \\ \hline o & k \\ \hline \end{array}$$

se obține următoarea expresie pentru cuplul electromagnetic dezvoltat de mașină :

$$M = 3/2 \cdot (-\psi_d \, i_q + \psi_q \, i_d) \tag{41}$$

adică, expresia clasică.

Nomenclatura

$a, b, c,$ – fazele statorului;
f – înfăşurarea de excitaţie;
k – înfăşurarea de amortizare transversală;
R – rezistenţa unei faze a statorului;
l_a, l_b, l_c – inductivităţile proprii totale ale fazelor statorului;
m_{ab}, m_{ac}, m_{bc} – inductivităţile mutuale dintre fazele statorului:
m_{ba}, m_{ca}, m_{cb}
m_{af}, m_{bf}, m_{cf} – inductivităţile mutuale dintre circuitele statorului şi înfăşurarea de excitaţie şi invers;
m_{fa}, m_{fb}, m_{fc}
m_{ak}, m_{bk}, m_{ck} – inductivităţile mutuale dintre circuitele statorului şi înfăşurarea de amortizare şi invers;
m_{ka}, m_{kb}, m_{kc}
L_f, L_k – inductivităţiile proprii totale ale circuitelor f, k;
w – numărul de spire ale unei faze a statorului;
w_f, w_k – numărul de spire ale circuitelor f, k;
L_σ – inductanţa de scăpări a unei faze a statorului;
L_{md}, L_{mq} – inductanţele proprii mutuale longitudinală şi transversală ale unei faze a statorului;
M_σ – inductanţa mutuală de scăpări a unei faze a statorului;
L_0 – inductanţa homopolară a maşinii;
L_d, L_q – inductanţele sincrone: longitudinală şi transversală;
L_{ad}, L_{aq} – inductanţele reacţiei indusului: longitudinală şi transversală;
$G_\sigma, G_{m\sigma}$ – permeanţele de scăpări corespunzătoare fluxului propriu şi mutual de scăpări ale unei faze a statorului;
G_{md}, G_{mq} – permeanţele magnetice corespunzătoare circuitului magnetic longitudinal şi transversal ale maşinii;
G_f, G_k – permeanţele magnetice totale ale circuitelor f, k;
W – energia înmagazinată în cîmpurile magnetice.

Anexa

În cursul diferitelor transformări matematice au fost folosite următoarele relaţii trigonometrice, pentru $\rho = 2\pi/3$:

1) $\sin\beta \sin\delta + \sin(\beta - \rho)\sin(\delta - \rho) + \sin(\beta + \rho)\sin(\delta + \rho) = 3/2.\cos(\beta - \delta)$
2) $\sin\beta \cos\delta + \sin(\beta - \rho)\cos(\delta - \rho) + \sin(\beta + \rho)\cos(\delta + \rho) = 3/2.\sin(\beta - \delta)$
3) $\cos\beta \cos\delta + \cos(\beta - \rho)\cos(\delta - \rho) + \cos(\beta + \rho)\cos(\delta + \rho) = 3/2.\cos(\beta - \delta)$
4) $\cos\beta \sin\delta + \cos(\beta - \rho)\sin(\delta - \rho) + \cos(\beta + \rho)\sin(\delta + \rho) = -3/2.\sin(\beta - \delta)$
5) $\sin\beta \sin\delta + \sin(\beta - \rho)\sin(\delta + \rho) + \sin(\beta + \rho)\sin(\delta - \rho) = -3/2\cos(\beta + \delta)$
6) $\sin\beta \cos\delta + \sin(\beta - \rho)\cos(\delta + \rho) + \sin(\beta + \rho)\cos(\delta - \rho) = 3/2.\sin(\beta + \delta)$
7) $\cos\beta \cos\delta + \cos(\beta - \rho)\cos(\delta + \rho) + \cos(\beta + \rho)\cos(\delta - \rho) = 3/2.\cos(\beta + \delta)$
8) $\cos\beta \sin\delta + \cos(\beta - \rho)\sin(\delta + \rho) + \cos(\beta + \rho)\sin(\delta - \rho) = 3/2.\sin(\beta + \delta)$

Bibliografie

[1] *Kron G.*: The Application of Tensors to the Analysis of Rotating Electrical Machinery. Schenectady, N, Y., S.U.A., 1942.
[2] *Petrov G. N.*: Conspectul cursului „Chestiuni speciale de maşini electrice", predat la facultatea de Electromecanică a Inst. Energetic Moscova în anul şcolar 1953/1954.
[3] *Denis M. Papin. Kaufmann A.*: Cours de calcul tensoriel appliqué. Éditions Albin Michel, Paris, 1953.
[4] *Gruzov L. N.*: Metodi matematiceskogo isledovania elektriceskih masin. GEI, 1953.
[5] *Kucera J.*: Le démarrage asynchrone des moteurs synchrones a poles saillantes. RGE **64** (1955) 7, 325–338.
[6] *Adkins B.* The General Theory of Electrical Machines. Chapman & Hall. London, 1957.
[7] *Nedelcu V. N.*: Sistemele de unităţi relative folosite în teoria masinii sincrone. Electrotehnica **5** (1957) 4, 106–113.
[8] *Manea F.*: Ecuaţiile operaţionale in coordonatele vectorilor reprezentativi rezultanţi ale maşinii sincrone. Electrotehnica **5** (1957) 7, 210–217.
[9] *Nicolaide A.*: Teoria funcţionării asincrone a maşinilor sincrone în analiza tensorială. Electrotehnica **6** (1958) 2, 66–71.
[10] *Lynn J. W.*: Tensor Analysis of Electrical Machine Hunting. PIEE, Part C, **105**. (1958) 9, 420–432.
[11] *Veretenikov L. P.*: Klassificaţia differenţialnih uravnenii Goreva-Parka. Elektricestvo **79** (1959) 11,13–19.

Intrat în redacţie la 9 aprilie 1960.

Calculul şi experimentarea dispozitivelor de acţionare a întreruptoarelor de înaltă tensiune

Stela Máthé şi Balazs Máthé* – Craiova

Întreruptoarele de mare putere şi înaltă tensiune se acţionează cu dispozitive puternice comandate automat de aproape sau de la distanţă şi de a căror siguranţă de funcţionare depinde de multe ori eficacitatea protecţiei unei întregi reţele.

Se prezintă o metodă de calcul care permite proiectarea dispozitivelor a cărei rezultate au fost confirmate pe cale experimentală. Astfel metoda poate servi ca model la proiectarea dispozitivelor care vor intra în producţie.

CZ. 621.316.57—8.001.214

Uzina Electroputere a asimilat în cîţiva ani fabricaţia unei game întregi de dispozitive de acţionare a întreruptoarelor şi separatoarelor de înaltă tensiune. În ordine cronologică, prima dată au apărut dispozitivele de acţionare manuale (tipurile DMI, AMI şi AME), acestea fiind urmate de dispozitive electromagnetice (tipurile DSI). În ultimii ani s-au proiectat şi executat o serie de noi tipuri: dispozitive universale cu contragreutate (RAI), dispozitive cu resort (DRI), dispozitive de curent alternativ (DSIA) şi dispozitive de acţionare

* Ing. *S. Máthé* este inginer proiectant la uzinele Electroputere – Craiova.
** Ing. *B. Máthé* este şeful serviciului Laborator central la uzinele Electroputere – Craiova.

pneumatice (DPI). În cele ce urmează se prezintă experiența acumulată de uzină în calculul și experimentarea acestor dispozitive.

1. Precizarea datelor inițiale de calcul pentru proiectarea dispozitivelor de acționare

La închiderea întreruptorului, dispozitivul de acționare trebuie să efectueze un lucru mecanic format din următoarele componente:

A_1 — lucrul mecanic necesar pentru întinderea sau comprimarea resoartelor de contact și de declanșare a întreruptorului;

A_2 — lucrul mecanic necesar pentru învingerea forței rezistente a greutății echipajului mobil (traverse, stângi de susținere și greutățile reduse ale mecanismului întreruptorului);

A_3 — lucrul mecanic necesar pentru învingerea forțelor de frecare statice din articulațiile mecanismului întreruptorului;

A_4 — lucrul mecanic necesar pentru a imprima echipajului mobil al întreruptorului o viteză dorită, învingînd forțele inerției și componenta dinamică a forțelor de frecare (forțele rezistente care sînt funcție de viteza de deplasare a echipajului mobil, de exemplu, frecarea de ulei):

A_5 — lucrul mecanic necesar pentru învingerea forțelor electrodinamice în cazul închiderii întreruptorului pe scurtcircuit în rețea.

La fiecare din aceste componente ale lucrului mecanic corespunde o forță variabilă. De obicei, aceste forțe pentru ușurarea calculului se exprimă în funcție de cursa contactelor întreruptorului (h_c), după regulile cunoscute de reducere a forțelor.

În afară de aceste componente ale lucrului mecanic de anclanșare a întreruptorului, elementul motor al dispozitivului de acționare (electromagnet, cilindru cu piston, resort etc.) trebuie să dezvolte următoarele lucruri mecanice în plus:

A_6 — lucrul mecanic necesar pentru armarea (întinderea sau comprimarea) resoartelor mecanismului dispozitivului de acționare;

A_7 — lucrul mecanic necesar pentru învingerea forței rezistente datorită greutății pieselor din echipajul mobil al dispozitivului de acționare;

A_8 — lucrul mecanic necesar pentru învingerea forțelor de frecare statice din articulațiile dispozitivului de acționare;

A_9 — lucrul mecanic necesar pentru a imprima echipajului mobil al dispozitivului de acționare o viteză dorită (în funcție de viteza de deplasare a contactelor întreruptorului), învingînd forțele de inerție și componenta dinamică a forțelor de frecare (de exemplu frecarea de aer).

Din cele de mai sus rezultă că elementul motor al dispozitivului de acționare la închiderea întreruptorului pe scurtcircuit (cazul cel mai defavorabil) trebuie să dezvolte un lucru mecanic total:

$$A_{max} = \frac{1}{\eta_l}(A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5) + A_6 + A_7 + A_8 + A_9 \quad (1)$$

unde η_l este randamentul mecanismului de cuplare a dispozitivului de acționare cu întreruptorul și depinde de sistemul de pîrghii utilizat.

Sistemul de pîrghii este diferit și ca atare η_l diferă pentru cazurile acționării întreruptorului din față, din partea laterală sau din spate.

Totodată, se remarcă din cele de mai sus, că există un lucru mecanic minim de anclanșare a întreruptorului (cazul cel mai favorabil), lucrul mecanic static de închidere la care nu trebuie calculat dispozitivul de acționare:

$$A_{min} = A_S = A_1 + A_2 + A_3 \quad (2)$$

Lucrul mecanic consumat de dispozitivul de acționare în regim dinamic de închidere:

$$A_{DA} = A_6 + A_7 + A_8 + A_9 \quad (3)$$

De asemenea, lucrul mecanic dinamic de închidere a întreruptorului:

$$A_{din} = A_S + A_4 = A_{min} + A_4 \quad (4)$$

Se consideră că aceste precizări au fost necesare pentru evitarea unor confuzii existente în această privință.

2. Tratarea teoretică a problemei

Cea mai generală ecuație a mișcării unui sistem de corpuri solide, rigide, articulate între ele (cum este și cazul de față) este aceea a lui Lagrange [1]:

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\frac{\partial L}{\partial q_i}\right) - \frac{\partial L}{\partial q_i} = F_i \quad (5)$$

unde:

L este energia cinetică a sistemului;

q_i — $\frac{\mathrm{d}q_i}{\mathrm{d}t}$;

F — forța exterioară redusă la coordonata q_i;

q — coordonata generalizată.

Reducînd toate forțele și masele în punctul unde tija electromagnetului sau pistonul acționează la anclanșare asupra mecanismului de acționare, exceptînd în primă aproximație lucrul mecanic A_5, necesar învingerii forțelor electrodinamice, și avînd în vedere că punctul de calcul are un singur grad de libertate (mișcarea rectilinie pe verticală), ecuația diferențială a mișcării armăturii mobile a electromagnetului (la dispozitive solenoidale) sau a pistonului (la dispozitive pneumatice) va fi de forma următoare:

$$F_h = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}h}\left[\frac{m_h V_h^2}{2}\right] + R(h) + C\frac{\mathrm{d}h}{\mathrm{d}t} \quad (6)$$

unde:

F_h este forța de tracțiune a electromagnetului sau a pistonului;

$R(h)$ — componenta însumată a forțelor rezistente, reduse în punctul de aplicație a forței F_h și proporțională cu cursa parcursă h;

$C\frac{dh}{dt}$ — componenta însumată a forțelor rezistente, redusă în punctul de aplicație a forței F_h, dar proporțională cu viteza liniară de deplasare (C este un coeficient de proporționalitate);

$\frac{d}{dh}\left[\frac{m_h V_h^2}{2}\right]$ — componenta forțelor rezistente de învins pentru a imprima sistemului o viteză dorită (caracteristici cinematice satisfăcătoare);

m_h — masa redusă rezultantă a tuturor pieselor în mișcare din construcția întreruptorului și dispozitivul de acționare în poziția h.

Înlocuind pe $\frac{dh}{dt} = V_h$ în ecuația (6), prin integrare se obține lucrul mecanic de închidere:

$$A = \int_0^H F_h\,dh = \int_0^H d\left(\frac{m_h V_h^2}{2}\right) + \int_0^H R(h)\,dh +$$

$$+ \int_0^H C V_h\,dh = \frac{1}{2} m_h V_h^2 + \int_0^H R(h)\,dh + \int_0^H C V_h\,dh \quad (7)$$

unde H este cursa totală.
Avînd în vedere că:

$$m_h = m_{1h} + m_{2h} \quad (8)$$

$$R(h) = R_1(h) + R_2(h) \quad (9)$$

și

$$CV_h = C_1 V_h - C_2 V_h \quad (10)$$

aceasta datorită faptului că masele și forțele se reduc atît din partea întreruptorului, cît și din partea dispozitivului de acționare [1].
Lucrul mecanic de închidere după înlocuirea ecuațiilor (8), (9) și (10) în (7):

$$A = \frac{1}{2} m_{1h} V_h^2 + \int_0^H R_1(h)\,dh + \int_0^H C_1 V_h\,dh +$$

$$+ \frac{1}{2} m_{2h} V_h^2 + \int_0^H R_2(h)\,dh + \int_0^H C_2 V_h\,dh \quad (11)$$

Avînd în vedere definițiile de mai sus, se pot obține relațiile de mai jos, pentru cazul cercetat (neglijînd eforturile electrodinamice)

$$A = \frac{1}{\eta}(A_1 + A_2 + A_3 + A_4) + A_{DA} \quad (12)$$

unde:

$$A_{DA} = \frac{1}{2} m_{2h} V_h^2 + \int_0^H R_2(h)\,dh + \int_0^H C_2 V_h\,dh \quad (13)$$

De asemenea:

$$A_s = A_{min} = A_1 + A_2 + A_3 = \int_0^H R_1(h)\,dh \quad (14)$$

$$A_4 = \frac{1}{2} m_{1h} V_h^2 + \int_0^H C_1 V_h\,dh \quad (15)$$

3. Determinări teoretice și experimentale la întreruptoarele uzinei „Electroputere”.

În cele ce urmează se prezintă rezultatele unor studii teoretice și experimentale îndelungate din uzină, cu privire la precizarea parametrilor de funcționare a dispozitivelor de acționare și întreruptoarelor fabricate în uzina Electroputere. Aceste rezultate au stat la baza progresului tehnic realizat de uzină în ultimii ani în domeniul dispozitivelor de acționare.

1. *Determinarea lucrului mecanic static de închidere* A_s. Lucrul mecanic static de închidere se poate determina la proiectarea noului întreruptor prin determinarea curbei $M = \varphi(\alpha)$ unde M este momentul axului întreruptorului, dat de resoartele de declanșare, de greutatea echipajului mobil și de frecări statice, iar α este unghiul de rotire a axului de acționare a întreruptorului. Determinarea acestei caracteristici la mecanismele obișnuite nu prezintă nici un fel de dificultate principală. În caz că se proiectează un nou tip de dispozitiv de acționare pentru o serie de întreruptoare existente, atunci această dependență se obține mult mai ușor, pe cale experimentală. Această metodă se rezumă la măsurarea momentului pe axul întreruptorului pe cale dinamometrică, cu înregistrarea unghiului de rotire a aceluiași ax, închizînd întreruptoarele respective foarte lent.

Lucrul mecanic static de închidere a întreruptoarelor se obține astfel prin planimetrare pe baza relației:

$$A_s = \int_0^H R_1(h)\,dh = \int_0^{\alpha_0} M(\alpha)\,d\alpha \quad (16)$$

unde α_0 este cursa unghiulară totală a axului întreruptorului.

În tabela 1 se dau rezultatele măsurătorilor efectuate în laboratorul uzinei la întreruptoare de fabricație indigenă.

2. *Determinarea lucrului mecanic dinamic de închidere.* Înlocuind în ecuația (4) valoarea lui A_4 din ecuația (15) lucrul mecanic dinamic de închidere a întreruptorului va fi:

$$A_{din} = A_s + \frac{1}{2} m_{1h} V_h^2 + \int_0^H C_1 V_c\,dh_c \quad (17)$$

La calcul se procedează ca în [1], cu deosebirea că, de data aceasta, se impune o variație a vitezei contactelor în funcție de cursă, nu

Tabela 1

Întreruptor	H mm	O grade	M_{max} kgfm	A_s kgfm	Observaţii
1	2	3	4	5	6
IUM– 6/600	92	90	12,0	6,36	
IU –15 M	156	88	22,5	10,10	
IUP –10/600	250	55	52,5	16,6	
IUP –10/1000	250	55	65,0	22,5	
IUP –15/600	290	55	44,5	15	Montaj simplificat
IU–35/600	225	83	42,5	18,8	

pentru operaţia de deschidere, ci pentru operaţia de închidere a întreruptorului.

Concentrarea maselor, reducerea maselor şi forţelor şi determinarea energiei cinetice se fac după aceeaşi metodă. Calculul, de obicei, este laborios şi nu dă suficientă aproximaţie, datorită faptului că coeficientul C_1 variază în limite largi (1,2–6). A. A. Smurov în [2] propune un coeficient de proporţionalitate simplificator, cu ajutorul căruia se determină lucrul mecanic dinamic de închidere din cel static, după formula:

$$A_{din} = KA_s \qquad (18)$$

În general K este funcţie de viteza V_h, de întreruptor (lucrul mecanic static de închidere) şi de C_1. În tabela 2 se dau unele valori ale lui K recomandate în [2].

Tabela 2

$A_s = A_{min}$ kgfm	V_c m	K	Observaţii
1	2	3	4
5	0	1	Valorile sînt obţinute din diagramă
	1	1,8	
	1,5	2,5	
	2	3,75	
30	0	1	
	1	1,5	
	1,5	1,9	
	2	2,5	
120	0	1	
	1	1,3	
	1,5	1,5	
	2	1,8	

Evident că valorile din tabela 2 nu mai sînt valabile, fiindcă cu timpul au crescut mult pretenţiile exploatării faţă de caracteristicile cinematice ale întreruptoarelor acţionate de la distanţă, atît pentru închidere cît şi pentru deschidere. Posibilităţile aprinderii arcului la închidere, perspectivele trecerii pe scară largă la reanclanşări rapide automate impun ca întreruptoarele să efectueze aceste operaţii mult mai rapid ca pînă acum.

Pentru o orientare mai realistă în această problemă în laboratorul uzinei s-a determinat experimental lucrul mecanic dinamic de închidere în gol a întreruptoarelor uzinei acţionate cu dispozitive DSI. În acest scop s-au ridicat oscilogramele tensiunii (u) şi curentului (i) ale bobinei de închidere a dispozitivului. Lucrul mecanic dezvoltat de electromagnetul solenoidal conform cu (3) este:

$$A = \int_{t_1}^{t_2} (u - iR)\, i\, dt \approx A_{din} \qquad (19)$$

În formulă s-a neglijat variaţia stării magnetice a circuitului magnetic (ΔE_M) aceasta fiind mică (energia magnetică a circuitului la sfîrşitul cursei armăturii mobile este mai mare cu circa 10–20% decît la început). De asemenea, s-a neglijat şi lucrul mecanic de închidere în gol a dispozitivului de acţionare A_{DA}. Rezultatul obţinut este acoperitor.

Tabela 3

Întreruptorul	A_s kgfm	A_{din} kgfm	K
1	2	3	4
IUM-6/600	6,36	12,1	1,9
IU-15 M	10,10	17,1	1,7
IUP-10/600	16,60	30	1,8
IUP-10/1000	22,50	36	1,6
IUP-15/600	15,0	27	1,8
IU-35/600	18,80	28	1,49

Evident, că la proiectarea unui nou dispozitiv de acţionare trebuie de orientat la valori ale lui K mai mari decît cele din tabela 3 pentru obţinerea unor caracteristici cinematice mai favorabile decît cele care se obţin cu dispozitive DSI.

3. *Determinarea lucrului mecanic necesar pentru învingerea eforturilor electrodinamice.* La închiderea întreruptorului pe scurtcircuit asupra mecanismului întreruptorului va acţiona o forţă rezultantă F_{ed}, tinzînd să-l deschidă pe acesta.

Avînd în vedere că acelaşi mecanism acţionează trei contacte mobile, forţa rezultantă, care acţionează contra închiderii întreruptorului în cazul cel mai nefavorabil (scurtcircuit trifazat simetric), va fi conform cu [3] pentru traverse egale:

$$F_{ed} = K_c (i_1^2 - i_2^2 - i_3^2) = 1{,}6\, I_d^2 \left(\ln \frac{a}{\tau} + 0{,}25 \right) \left[1 + \right.$$

$$\left. + \frac{1 - e^{-2\alpha t}}{\alpha t} + 2 \left(1 + \frac{1 - e^{2\alpha t}}{4\alpha t} \right) \right] \cdot 10^{-8} \qquad (20)$$

unde :

I_d este curentul de deschidere a întreruptorului ;

α — (10—90) s^{-1} ;

a și τ — parametrii geometrici ai conturului de curent [5].

În general, pulsația forței rezultante în acest caz se poate neglija.

Avînd în vedere că $dh_c = V_c\, dt$, se poate scrie că lucrul mecanic căutat va fi :

$$A_5 = \int_0^{\tau_0} F_{ed}\, V_c\, dt = K_c\, I_d^2 \int_0^{\tau_0} \varphi_1(t)\, V_c\, dt \qquad (21)$$

unde :

$$\varphi_1(t) = 1 + \frac{1-e^{-2\alpha t}}{\alpha t} + 2\left(1 + \frac{1-e^{-2\alpha t}}{4\alpha t}\right) \qquad (22)$$

și K_c este coeficientul de contur (depinde numai de parametrii geometrici).

Presupunînd că viteza contactelor scade liniar pînă la zero de la momentul aprinderii arcului pînă la închiderea deplină în anclanșarea întreruptorului, adică :

$$V_c = V_a - \frac{V_a}{\tau_a}\, t \qquad (23)$$

se obține următoarea ecuație pentru A_5 în acest caz :

$$A_5 = K_c\, V_a\, I_d^2 \int_0^{\tau_a} \varphi_1(t) \cdot \left[1 - \frac{t}{\tau_a}\right] dt \qquad (24)$$

Pentru un calcul aproximativ se poate presupune că :

$$\tau_a = \frac{2h_0}{V_a} \qquad (25)$$

unde :

h_0 este cursa în contacte ;

V_a — viteza contactelor în momentul atingerii.

Valorile orientative ale coeficenților de contur și ale lui A_5 sînt calculate și redate în tabela 4 pentru întreruptoarele de fabricație Electroputere.

Tabela 4

Întreruptorul	K_c	A_5 kgfm	Observații
1	2	3	4
IUM-6/600	$6{,}8 \cdot 10^{-8}$	3,8	
IU-15 M	$6{,}5 \cdot 10^{-8}$	2,5	
IUP-10/600	$2{,}7 \cdot 10^{-8}$	5	Datele se referă la 500 MVA putere de rupere
IUP-10/1000	$2{,}6 \cdot 10^{-8}$	5	
IU-35/600	$6{,}87 \cdot 10^{-8}$	3,5	

4. *Determinarea lucrului mecanic necesar pentru anclanșarea dispozitivului de acționare.* Avînd în vedere construcția mecanismului dispozitivului de acționare (de exemplu, mecanismul patrulater obișnuit) este lesne de determinat masa acestui mecanism și de redus la punctul de aplicare a forței armăturii mobile a electromagnetului sau pistonului. Din schema cinematică de cuplare a dispozitivului cu întreruptorul se poate deduce pe cale obișnuită $V_h = f(h)$ dacă este cunoscută legea după care variază viteza contactelor în funcție de cursa h_c (de obicei aceasta se impune). Principala componentă a masei reduse m_{2h} este armătura mobilă a electromagnetului sau pistonului, greutatea căruia determină în primul rînd și componenta :

$$\int_0^H R_2(h)\, dh \simeq GH \qquad (26)$$

De obicei G și H sînt aproximativ cunoscute.

Frecările în aer ale mecanismului dispozitivului de acționare, în genere se pot neglija :

$$\int_0^H C_2 V_h\, dh \simeq 0 \qquad (27)$$

Dacă nu se cunoaște nimic despre mecanismul dispozitivului de acționare, atunci este suficient de acoperitor dacă se ia pe baza construcțiilor existente :

$$A_{DA} = 0{,}05 \div 0{,}1\ A_{din} \qquad (28)$$

5. *Randamentul mecanismului de cuplare a dispozitivului de acționare cu întreruptorul.* Randamentul sistemului de cuplare a dispozitivului de acționare cu întreruptorul este funcție de poziția reciprocă a acestora, de felul cuplării (sisteme de pîrghii în plan sau spațiu), de numărul elementelor (pieselor) de cuplaj, de poziția lor față de punctul mort etc.

Este suficient de acoperitor pentru cazurile des întîlnite în practică dacă se adoptă valoarea :

$$\eta = 0{,}85—0{,}95. \qquad (29)$$

6. *Determinarea lucrului mecanic total de închidere a ansamblului întreruptor-dispozitiv de acționare.* Din cele de mai sus rezultă că lucrul mecanic total de închidere a întreruptorului în cazul cel mai nefavorabil va fi conform relațiilor (1), (3), (4) și (20)

$$A_{max} = \frac{1}{0{,}9}(A_{din} + A_5) + A_{DA}. \qquad (30)$$

Forța medie pe care trebuie s-o dezvolte electromagnetul sau pistonul dispozitivului de acționare, la o deplasare H, egală cu cursa totală (în cazul cel mai greu)

$$E_{med} = \frac{A_{max}}{H} \qquad (31)$$

În tabela 5 se dau rezultatele calculelor și experiențelor întreprinse cu scopul de a preciza aceste date inițiale absolut necesare pentru proiectare.

Cu toate că lucrul mecanic total de închidere A_{max} și forța medie F_{med}, pe care trebuie s-o dezvolte dispozitivul de acționare, sînt indici utili și absolut necesari la proiectare, totuși, aceștia nu sînt suficienți. În afara lor, trebuie determinată prin calcul și variația forței rezultante, redusă la punctul de aplicație a tijei electromagnetului sau pistonului, în funcție de cursa acestuia, adică :

Tabela 5

Întreruptor	A_{din}, kgfm	$A_5 \frac{1}{0,9}$, kgfm	$(A_{din} - A_5)$, kgfm	K_{DA}, kgfm	A_{max}, kgfm	F_{med}, kg
1	2	3	4	5	6	7
IUM-6/600	12,1	3,8	18	1,21	19,2	209
IU-15 M	17,1	2,6	22	1,71	23,7	153
IUP-10/600	30,0	5	39	3,0	42,0	165
IUP-10/1000	36	5	45	3,6	48,6	194
IUP-15/600	27	3	34	2,70	36,7	127
IU-35/600	28,0	3,5	35,1	2,80	37,8	161

$$\Sigma F_R = \varphi(h). \tag{32}$$

7. *Calcularea funcției* : $\Sigma F_R = \varphi(h)$. Pentru calcularea forței rezultante reduse, se consideră o variație a vitezei contactelor întreruptorului $V_c = \varphi_1(h_c)$ și se construiește pe cale grafoanalitică curba :

$$h_c = \varphi_2(t) \tag{33}$$

ținînd seamă de relația valabilă pentru un interval de timp oarecare :

$$t_{1-2} = \int_{h_{c_1}}^{h_{c_2}} \frac{1}{V_c} \, dh_c. \tag{34}$$

Prin construirea planelor vitezelor pentru schema cinematică dată a întreruptorului de acționat, se determină variația vitezei punctului de reducere a tuturor maselor și forțelor (punctul în care dispozitivul acționează asupra întreruptorului), în funcție de deplasarea h.

$$V_h = \psi_3(h). \tag{35}$$

Pe rînd se reduc toate forțele exterioare în punctul unde se concentrează masele tuturor elementelor sistemului mobil, și anume :

F_{1R} este forța rezultantă, datorită comprimării sau întindrii resoartelor de declanșare sau de contact ale întreruptorului.

F_{2R} — forța rezistentă, datorită greutății echipajului mobil.

F_{3R} — forța rezistentă, datorită frecărilor în articulațiile mecanismului întreruptorului. De obicei :

$$F_{3R} = (0,2 \div 0,3) \, F_{2R}. \tag{36}$$

F'_{4R} este forța care se opune accelerării sau încetinirii echipajului mobil (forța de inerție) și se calculează din relația :

$$F'_{4R} = m_{1h} V_h \frac{dV_h}{dh} \tag{37}$$

unde :

m_{1h} este masa redusă a echipajului mobil al întreruptorului ;

F''_{4R} — forța cu care se opune uleiul la deplasarea echipajului mobil al întreruptorului,

$$F''_{4R} = C'_1 V_h. \tag{38}$$

C'_1 este coeficientul de proporționalitate, care rezultă din C, în urma reducerii forței.

F_{5R} — forța rezistentă, datorită eforturilor electrodinamice.

F_{6R} — forța rezultantă, datorită acțiunii resoartelor din mecanismul dispozitivului de acționare.

F_{7R}, forța rezistentă, datorită greutății echipajului mobil al dispozitivului de acționare.

F_{8R} — forța rezistentă, datorită frecărilor în articulațiile mecanismului dispozitivului de acționare. Analog ca la (36) se poate scrie :

$$F_{8R} = (0,2 \div 0,3) \, F_{7R}. \tag{39}$$

F_{9R} este forța care se opune accelerării sau încetinirii echipajului mobil al dispozitivului de acționare

$$F'_{9R} = m_{2h} V_h \frac{dV_h}{dh}. \tag{40}$$

Forța de frecare dinamică în aer se poate neglija în general

$$F''_{9R} = C_2 V_h \simeq 0. \tag{41}$$

Avînd în vedere fenomenul fizic și condițiile specifice de lucru ale dispozitivului de acționare cu întreruptorul, în primă aproximație se poate scrie :

$$F_{6R} + F_{7R} + F_{8R} + F_{9R} = \text{const} = \frac{A_{DA}}{H}. \tag{42}$$

Forța redusă rezultată se calculează pentru mai multe poziții ale mecanismului și se reprezintă grafic :

$$F_A = F_{1R} + F_{2R} + F_{3R} + F'_{4R} \pm F''_{4R} + F_{5R} + \frac{A_{DA}}{4} \simeq \varphi(h_1), \tag{43}$$

Avînd precizate datele de mai sus, se poate trece la calculul parametrilor constructivi ai dispozitivului de acționare de tipul dorit.

Criteriile comune de calcul pentru toate tipurile de dispozitive sînt :

a) Capacitatea de lucru mecanic al elementului motor din construcția dispozitivului de acționare (electromagnet, cilindru cu piston, resort, contragreutate sau servomotor) A_c, trebuie să depășească sau să fie egală cu A_{max} stabilit anterior, adică :

$$A_c \geqslant A_{max}. \tag{44}$$

b) Pentru funcționarea corectă a dispozitivelor de acționare este necesar ca, curba de variație a forței de tracțiune a elementului motor calculat la parametrii nominali de funcționare (tensiunea nominală a bobinei de închidere, presiunea nominală a rezervorului de aer comprimat, comprimarea nominală a resortului, greutatea nominală a dispozitivului cu contragreutate etc.) să se situeze deasupra curbei de variație a forței reduse rezultante (43):

$$F = f(h).$$

c) Printr-un calcul de variante trebuie să se obțină o construcție cu minimum de consum de materiale necesare pentru realizarea unui kgfm lucru mecanic.

d) Prin asigurarea unor caracteristici cinematice favorabile trebuie reduse la maximum cheltuielile de energie necesare pentru anclanșarea întreruptorului (de redus la maximum energia care se absoarbe de amortizoarele de sfîrșit de cursă).

Bibliografie

[1] Сборник статей: „Высоковольтное аппаратосроение", под редакцией *А. М. Залесского* — Москва — Ленинград 1954, p. 22—263.

[2] *А. А. Смуров*: „Электротехника высокого напряжения и передача энергии". Том **III**. Аппартура воисокого напряжения. ОНТИ — Москва-Ленинград 1935.

[3] „Электротехнический справочник" под редакцией *М. Г. Чиликина* и др. Г.Э.И. Москва-Ленинград 1955.

[4] *Verebély László* „Villamos eröátvitel" IV. Kötet Kapcsolá és védöberendezések. Tuláramok, Tulfeszültségek. Tudomámyos könyvkiado. Budapest 1950.

[5] *A, I, Builov*: „Principiile de construcție ale aparatelor electrice" (Traducere din limbă rusă) Editura energetică de stat 1954, p. 36.

[6] *В. В. Михайлов*: „Расчёт и конструирования высоковольтной аппаратуры". Г. Э. И. Москва-Ленинград 1955.

Intrat în redacție la 18 mai 1959.

Încercarea izolatoarelor electrice de fabricație romînească pentru liniile de 10—35 kV

Gleb Drăgan și Badea Popa * — București

Pentru analizarea comportării liniilor electrice aeriene la supratensiuni atmosferice și interne trebuie să se cunoască caracteristicele izolatoarelor electrice utilizate.

Încercări sistematice privind caracteristiiile izolatoarelor de fabricație romînească montate pe liniile electrice aeriene au fost efectuate de către Institutul de Energetică, rezultatele obținute — prezentate în lucrare — fiind utile atît activității de cercetare pentru stabilirea nivelului de izolație cît și proiectării. De asemenea rezultatele sînt necesare fabricii constructoare pentru îmbunătățirea procesului tehnologic de producție. Încercările s-au efectuat după o metodologie — stabilită în lucrare — care poate fi extinsă și la încercarea izolației aparatelor.

CZ 621.315.624:621.317.333.83

1. Considerații generale

Realizarea practică a Planului de Electrificare a necesitat fabricarea a o serie de utilaje de către industria noastră electrotehnică. Astfel, în rețelele noi construite sînt deja montate întreruptoare separatoare, transformatoare izolatoare etc., fabricate la noi în țară.

Construcția utilajelor a făcut necesară încercarea lor potrivit normelor în vigoare; cum însă în unele cazuri fabricile constructoare nu au fost dotate și cu laboratoare corespunzătoare, încercările s-au efectuat în alte laboratoare din țară și străinătate sau utilajele au fost livrate fără a fi încercate. Încercarea utilajelor fabricate permite determinarea caracteristicilor care sînt necesare întreprinderilor de exploatare și proiectare; de asemenea, datele experimentale obținute permit constructorilor să aducă îmbunătățiri procesului tehnologic de fabricație prin eliminarea unor neajunsuri și să obțină o reducere a prețului de cost.

Încercarea de tip sau serie trebuie efectuată atît pentru elemente separate cît și pentru ansambluri de elemente corespunzător condițiilor concrete de exploatare.

Deoarece în țara noastră se fabrică curent izolatoare pentru liniile de înaltă tensiune și cum nu s-au efectuat încercări experimentale sistematice, privind comportarea acestor izolatoare la supratensiuni, în cadrul Institutului de Energetică al Academiei R.P.R. s-au făcut cercetări de laborator privind această problemă.

În lucrarea de față, autorii analizează încercarea izolatoarelor de fabricație romînească pentru liniile aeriene de medie tensiune (10—35 kV).

Experiențele au avut ca scop determinarea tensiunii de conturnare la frecvența industrială (pe cale uscată și sub ploaie) și a tensiunii de 50% conturnări la impulsie; în cazul izolatoarelor lanț s-a determinat totodată și dependența tensiunii de conturnare funcție de numărul elementelor.

Metodologia de încercare utilizată poate fi extinsă și la încercarea izolației separatoarelor, întreruptoarelor, ținînd cont de condițiile specifice fiecărui utilaj.

* Ing. *Gleb Drăgan* este conferențiar la Institutul Politehnic-București și șef de laborator la Institutul de Energetică al Academiei R.P.R.

Ing. *Badea Popa* este cercetător la Institutul de Energetică al Academiei R.P.R.

În cadrul lucrării după ce se stabilește metodologia încercării la frecvență industrială (pe cale uscată și sub ploaie) și impulsie, se prezintă caracteristicile instalațiilor de înaltă tensiune utilizate pentru încercări. În continuare se dau rezultatele obținute și concluziile care rezultă din acestea.

2. Metodologia încercării izolatoarelor electrice

Comportarea izolatoarelor trebuie analizată atît față de tensiunea de frecvență industrială, cît și față de cea de impulsie, ținînd seama de supratensiunile care acționează în mod practic în timpul exploatării.

Din aceste considerente la efectuarea încercărilor s-a căutat în primul rînd să se determine tensiunea care produce conturnarea izolatorului, parametrul care se folosește în proiectare ; paralel cu aceasta este necesar ca în viitor să se determine tensiunea de străpungere a izolatorului pentru a stabili mai exact comportarea sa la acțiunea supratensiunilor.

2.1. Determinarea tensiunii de frecvență industrială care produce conturnarea. Deoarece izolatoarele pot fi montate în interior sau în exterior, tensiunea de conturnare la frecvența industrială trebuie determinată atît la încercări în starea uscată a izolatoarelor cît și sub ploaie.

2.1.1. Încercarea izolatoarelor în stare uscată. Izolatorul de încercat se conectează între borna de înaltă tensiune a instalației și pămînt.

Tensiunea aplicată se mărește treptat pînă se produce conturnarea izolatorului studiat, după care instalația se deconectează imediat.

Inițial, se poate aplica brusc o tensiune pînă la 50% din cea de conturnare ; în continuare creșterea tensiunii se face cu o viteză de 0,05 Uc/s (kV/s) [1] sau într-un timp de 10 s

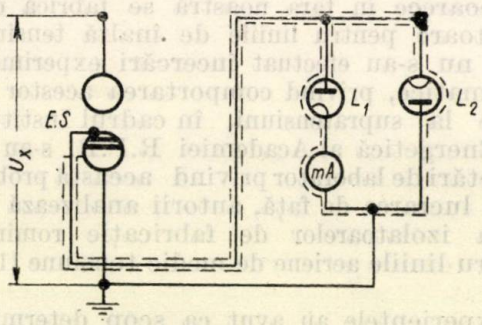


Fig. 1. Schema de măsură cu redresarea curentului capacitiv al eclatorului.

[2], ambele alternative fiind echivalente. Procedeul acesta poate fi utilizat numai dacă instalația permite cuplarea sub o anumită tensiune în sensul că fenomenele tranzitorii care iau naștere în înfășurarea transformatorului nu sînt primejdioase. În caz contrar se crește tensiunea de încercare pînă la 50% din valoarea de conturnare cu o viteză mărită, ca apoi să se respecte viteza de creștere menționată mai sus. Timpul de la aplicarea tensiunii pînă la conturnare nu trebuie să depășească 20 s ; în cazul cînd acest lucru are loc, trebuie specificat în protocolul de încercare [1].

Descărcarea electrică între cei doi electrozi ai izolatorului are un caracter statistic, din care cauză trebuie efectuate mai multe măsurători. Cu cît numărul măsurătorilor va fi mai mare, cu atît exactitatea cu care se stabilește valoarea de conturnare este mai bună. Mărirea numărului de conturnări duce pe de o parte la degradarea prematură a izolatorului, iar pe de altă parte, la mărirea duratei de încercare.

Conform recomandărilor C.E.I. [1] numărul de măsurători ce trebuie efectuate pentru determinarea tensiunii de conturnare la frecvența industrială, este egal cu 5 ; sub acest aspect numărul de 3 încercări recomandat de STAS 2685—56 [2] este insuficient. Totodată, este necesar ca abaterea medie a rezultatelor obținute să nu fie mai mare de 5%.

2.1.2. Încercarea izolatoarelor electrice sub ploaie artificială. Izolatorul este supus inițial timp de cel puțin 5 minute la ploaie artificială produsă de o instalație adecvată. Instalația trebuie să formeze picături fine care să cadă pe izolator sub o înclinare de 45° cu o intensitate egală cu 3 mm/min și o conductibilitate de circa 100 $\mu s\ cm^{-1}$ [1]. Dacă ploaia realizată nu are conductibilitatea indicată valorile obținute se corectează cu un factor ce depinde de tipul izolatorului și conductibilitatea apei, potrivit STAS 2685—56 [2].

După ce s-au făcut măsurările în ceea ce privește caracteristica ploii artificiale se aplică izolatorului tensiunea de probă, care se reglează ca în cazul încercării pe cale uscată.

Numărul de măsurători s-a limitat tot la 5, cu atît mai mult cu cît în acest caz datorită curentului de conducție superficială, solicitarea instalației este mai mare.

2.1.4. Măsurarea tensiunii de frecvență industrială. Tensiunea în momentul conturnării sau străpungerii poate fi determinată numai dacă instalația este prevăzută cu un dispozitiv de măsură care să urmărească fidel variațiile tensiunii de încercare.

În încercările experimentale efectuate s-a utilizat schema cu redresarea curentului capacitiv al eclatorului (fig. 1). Sfera inferioară a eclatorului în acest caz este segmentată, cele două părți putînd fi izolate (atunci cînd aparatul indicator cu sistemul de redresare este conectat) sau legate metalic (pentru perioada de etalonare) [3].

Etalonarea se face în două etape : la început se fixează eclatorul într-o anumită poziție corespunzătoare tensiunii la care se face etalonarea și se reglează tensiunea pînă se produce stră-

pungerea spațiului, notîndu-se notațiile unui voltmetru conectat pe partea primară (se fac 5 încercări); apoi se conectează aparatul indicator cu sistemul de redresare, se depărtează sferele la o distanță corespunzătoare unei anumite capacități și se ridică tensiunea pînă ce voltmetru de pe partea primară va indica media valorilor de mai sus. Se stabilește astfel, o corespondență între tensiunea reală și indicația aparatului prin care trece curentul redresat.

2.2. Determinarea tensiunii de conturnare la impulsie.

2.2.1. Tensiunea de 50% amorsări interesează la calculul comportării liniilor electrice aeriene la supratensiuni de origine atmosferică. Pentru încercare, se utilizează generatoare de impulsie de tensiune, cu unda normalizată de 1/50. Izolatoarele trebuie echipate pe cît posibil ca în condițiile de exploatare [4]. Generatorul se reglează, astfel ca 50% din undele de impulsie aplicate izolatoarelor să producă conturnarea acestuia. Pentru ca de-a lungul căii de conturnare rigiditatea să se poată reface, este necesar ca timpul între două unde de impulsie să fie mai mare de 10 s.

La instalațiile de mare capacitate la care timpul dintre două impulsuri este mult mai mare, este necesară reducerea acestuia prin utilizarea unei tensiuni de alimentare superioare celei care produce amorsarea instalației; în cazul instalațiilor de mică capacitate este necesară mărirea duratei de încărcare; acest lucru care a fost posibil prin montarea în primarul transformatorului a unei rezistențe suplimentare de valoare relativ ridicată.

Datorită dispersiei la străpungere a intervalului dintre sferele de amorsare, generatorul produce unde de impulsie cu amplitudini variabile; diferența relativă a amplitudinilor trebuie însă să fie cît mai mică.

La determinarea tensiunii de 50% conturnări este important de a stabili numărul de impulsuri care se trimit pe izolator. Din cercetările experimentale efectuate [5] cît și din încercările întreprinse în laboratorul Institutului de Energetică s-a dedus că repartiția impulsurilor care produc sau nu conturnarea nu este uniformă (fig. 2).

```
a IX IX IIIIXX
b IX II IIXXXI
c X IIII XXIIIX
d IIXXI IXIXX X IXXXXIIXX
e IXIII IXXII IIIII IIIXI
```

Fig. 2. Repartiția impulsurilor care produc conturnarea:
X — impulsuri care produc conturnarea; *I* — impulsuri care nu produc conturnarea.

Acest fapt justifică necesitatea măririi numărului de impulsuri care se utilizează la determinarea tensiunii de 50% amorsări. Mărirea numărului de impulsuri deși conduce la o exactitate mai bună, determină însă mărirea duratei de încercare și solicitarea excesivă a izolatoarelor.

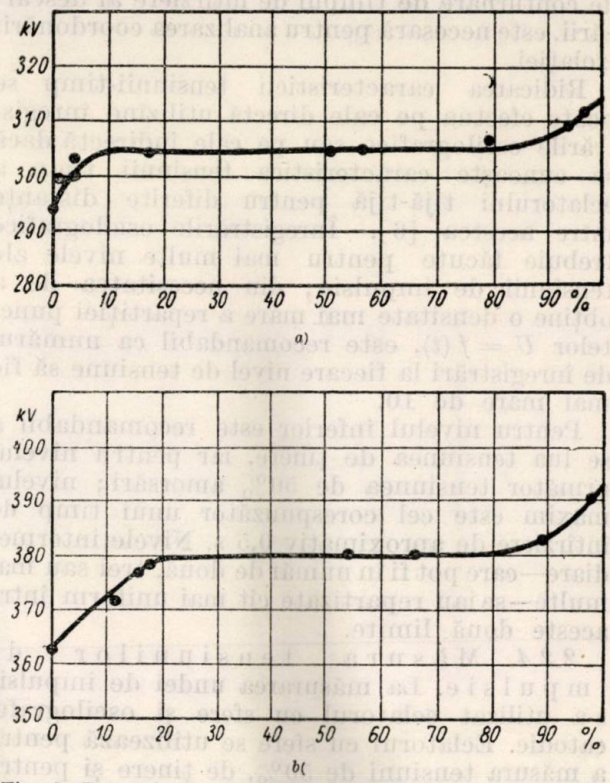


Fig. 3. Dependența tensiunii de conturnare de probabilitatea acesteia.

Pe baza încercărilor experimentale [5] s-a stabilit dependența tensiunii de conturnare funcție de probabilitatea de apariție a acesteia; după cum se vede în figura 3, se poate constata că pentru probabilități cuprinse între 20 și 80% tensiunea de conturnare este relativ constantă (fig. 3b). Acest fapt permite pe de o parte a reduce numărul de impulsuri, iar pe de altă parte de a stabili diferența relativ mică între tensiunea de ținere și cea de 50% amorsări.

În încercările experimentale pentru stabilirea tensiunii de conturnare de 50%, s-au utilizat 20 impulsuri; în încercările industriale conform recomandărilor C.E.I [1] se consideră că un număr de 10 impulsuri este suficient pentru a determina tensiunea de 50% amorsări. S-a mărit numărul de impulsuri pentru a determina cu exactitate mai mare tensiunea de conturnare.

2.2.2. Tensiunea de ținere, determină tensiunea maximă la care conturnarea nu se produce pentru un număr destul de mare de impulsuri aplicate izolatorului. În scopul determinării acestui parametru se scade tensiunea

generatorului de impulsie pînă cînd primele de impulsuri nu produc conturnarea izolatorului.

2.2.3. Caracteristica tensiune-timp, reprezentînd dependența tensiunii de conturnare de timpul de întîrziere al descărcării, este necesară pentru analizarea coordonării izolației.

Ridicarea caracteristicii tensiunii-timp se poate efectua pe cale directă utilizînd înregistrările oscilografice sau pe cale indirectă dacă se cunoaște caracteristica tensiunii timp a eclatorului tijă-tijă pentru diferite distanțe între acestea [6]. Înregistrările oscilografice trebuie făcute pentru mai multe nivele ale tensiunii de impulsie; din necesitatea de a obține o densitate mai mare a repartiției punctelor $U = f(t)$, este recomandabil ca numărul de înregistrări la fiecare nivel de tensiune să fie mai mare de 10.

Pentru nivelul inferior este recomandabil a se lua tensiunea de ținere, iar pentru nivelul următor tensiunea de 50% amorsări; nivelul maxim este cel corespunzător unui timp de întîrziere de aproximativ 0,5 s. Nivele intermediare—care pot fi în număr de două, trei sau mai multe—se iau repartizate cît mai uniform între aceste două limite.

2.2.4. Măsura tensiunilor de impulsie. La măsurarea undei de impulsie s-a utilizat eclatorul cu sfere și oscilograful catodic. Eclatorul cu sfere se utilizează pentru a măsura tensiuni de 50%, de ținere și pentru etalonarea divizorului de tensiune; el nu se poate întrebuința însă pentru măsura undelor tăiate pe fruntea undei, deoarece în acest caz apar erori importante.

Pentru a măsura tensiunea se reglează eclatorul, astfel, ca 50% din undele aplicate să producă străpungerea spațiului dintre sfere; citind distanța d dintre sfere se determină U_n din curba de etalonare a eclatorului.

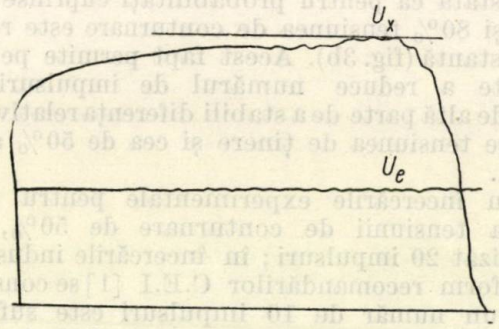


Fig. 4. Oscilograma pentru etalonarea divizorului de tensiune.

Măsura tensiunii și a timpului de întîrziere se poate face numai cu ajutorul oscilografului catodic, care se cuplează la instalație prin intermediul unui cablu de întîrziere și a unui divizor de tensiune; de asemenea, trebuie asigurată sincronizarea funcționării instalației cu cea a oscilografului folosind o instalație de sincronizare [7] sau antena de declanșare [8].

La încercarea izolatoarelor se recomandă a se folosi generatorul de impulsie în regim de autoamorsare în care caz se asigură o dispersie mai mică a amplitudinilor undelor de impulsie. Utilizarea oscilografului cu divizorul de tensiune presupune etalonarea acestora; ca elemente etalon se folosesc eclatorul cu sfere și generatorul de tensiune continuă. Pentru etalonare se reglează generatorul de impulsie la o anumită tensiune U_r care se măsoară cu eclatorul cu sfere. Simultan se face înregistrarea cu oscilograful iar pe același spot se aplică apoi o tensiune etalon cunoscută.

Dacă α_e este elongația pe oscilograma corespunzătoare tensiunii U_e atunci la o elongație α_x corespunde tensiunea:

$$U_x = \frac{U_e}{\alpha_e}\,\alpha_x . \qquad (2)$$

Experiența se repetă pentru diferite nivele de tensiune și cu rezultatele obținute se trasează curba de etalonare a divizorului

$$U_r = f(U_x).$$

Mai sus s-a arătat metodologia de încercare la tensiuni de frecvență industrială și impulsie utilizată la efectuarea încercărilor experimentale. Rezultatele obținute trebuie raportate însă la condițiile normale pentru a putea fi comparate. Tensiunea reală U_r măsurată în momentul efectuării experiențelor la temperatura t, presiunea p și umiditatea f, se raportează la condițiile normale potrivit relațiilor:

$$U_n = U_r \frac{h}{\delta}$$
$$\delta = \frac{0{,}386\,p}{t+273} . \qquad (3)$$

h — coeficient de umiditate care este funcție de presiunea vaporilor de apă și de tipul izolatorului.

La încercarea sub ploaie coeficientul de umiditate se ia egal cu 1.

3. Caracteristicile necesare ale instalațiilor de încercare

Încercările experimentale trebuie să se efectueze de așa natură încît rezultatele obținute să poată fi comparate; de aceea instalațiile trebuie astfel executate încît rezultatele să nu depindă de construcția lor.

Puterea transformatorului de frecvență industrială de înaltă tensiune utilizat, a fost de numai 30 kVA ceea ce a permis efectuarea în bune condiții a încercărilor de conturnare pe cale uscată dat fiindcă capacitatea obiectului încercat este mică. Încercarea sub ploaie a lanțurilor de izolatoare formate din 4 elemente a

fost dificilă datorită curentului de conducție mare ce apare în acest caz. Din acest punct de vedere pentru stabilirea tensiunii de conturnare sub ploaie la lanțurile de izolatoare formate din mai multe elemente este necesară o instalație de putere mai mare.

Instalația trebuie să permită reglarea tensiunii la diferite viteze (kV/s) pentru a putea respecta metodologia prezentată mai sus. Tensiunea produsă trebuie să fie pe cît posibil sinusoidală. Distorsiunea determinată de relația

$$D = \frac{\sqrt{U_3^2 + U_5^2 + \dots}}{\sqrt{U_1^2 + U_3^2 + U_5^2}} \qquad (4)$$

unde U_1, U_2, U_3... sînt amplitudinile fundamentalei respectiv a armonicelor — trebuie să fie mai mică de 5% [1].

Deoarece transformatorul de frecvență industrial utilizat este alimentat de la un generator sincron, tensiunea obținută era practic sinusoidală. Pe de altă parte cu ajutorul a două reostate de reglaj grosier și reglaj fin tensiunea a putut fi reglată conform normelor.

Instalația are de asemenea posibilitatea de a fi deconectată rapid și de a se conecta sub o tensiune egală cu jumătate din tensiunea normală ; acest lucru presupune o atenție mai mare în exploatare și o protecție directă suplimentară, dar conduce la reducerea timpului de lucru și respectarea întocmai a metodologiei de încercare.

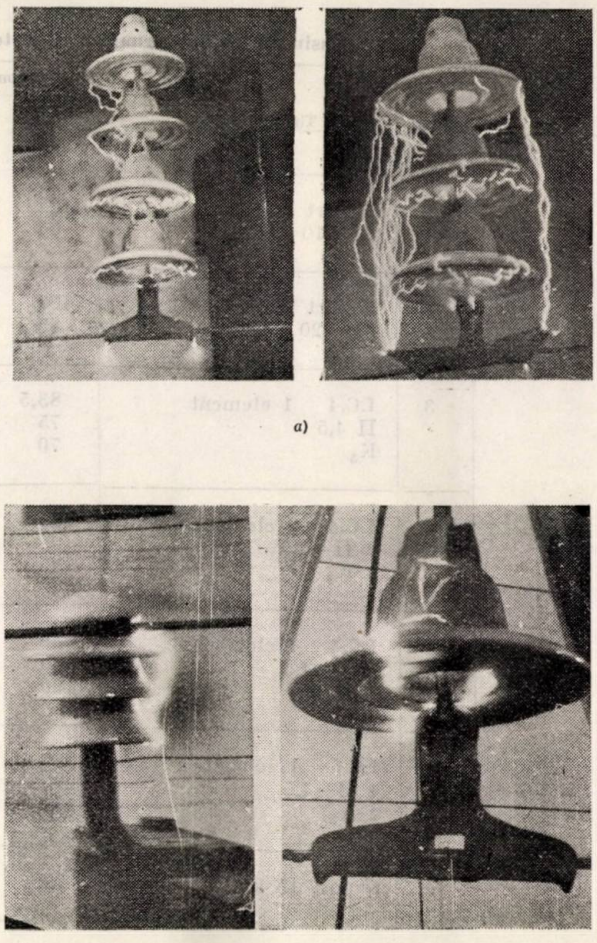
Pentru încercarea la impulsie s-au utilizat generatoare construite după schema Marx. În afara condițiilor amintite mai sus referitor la durata dintre două impulsuri și diferența dintre două amplitudini, instalația trebuie să permită reglarea de la distanță a parametrilor și măsura acestora. O atenție deosebită trebuie dată circuitului de măsură (divizor, cablu, oscilograf) pentru ca deformarea undei de tensiune să fie minimă [1], [9]. Totodată divizorul de tensiune trebuie să fie legat pe cît posibil la bornele obiectului de încercat [10]. De aceste condiții s-a ținut seama la efectuarea experiențelor.

Capacitatea instalației trebuie să fie suficient de mare pentru ca forma undei să nu fie influențată de capacitatea obiectului ; este recomandabil de aceea o capacitate de sarcină reglabilă pentru ca împreună cu capacitatea obiectului de încercat să fie de un ordin de mărire mai mică decît cea de impulsie.

Instalațiile de impulsie utilizate pentru încercările experimentale avînd următoarele caracteristici : Lab.I. Energetică $C_1 = 2\,500$ pF ; $C_2 = 400$ pF, Lab. Electroputere $C_1 = 25\,000$ pF ; $C_2 = 1\,100$ pF au satisfăcut această condiție, deoarece capacitatea izolatoarelor încercate este de ordinul 30 pF.

4. Încercările experimentale efectuate și rezultatele obținute

Pe baza metodologiei prezentate s-au efectuat încercări experimentale pentru a stabili comportarea izolatoarelor de fabricație românească la supratensiuni interne și atmosferice. În încercările experimentale efectuate izolatoarele au fost echipate pe cît posibil ca în condițiile de exploatare (fig. 5) deoarece prezența conductorului și a clemelor modifică repartiția tensiunii de-a lungul izolatoarelor.



a)

b)

Fig. 5. Conturnarea izolatoarelor la tensiune de frecvență industrială (*a*) și de impulsie (*b*).

Datele obținute au fost prelucrate conform normelor pentru a ține seama de influența condițiilor atmosferice și de constantele instalațiilor. Pentru fiecare tip de izolator au fost efectuate mai multe încercări, tensiunea de conturnare fiind dată de valoarea medie a rezultatelor [1].

În tabela 1, se dau valorile medii ale tensiunilor de conturnare pentru izolatoarele încercate precum și cîteva date mai caracteristice.

În figura 6, se reprezintă variația mărimilor măsurate pentru cîteva din izolatoarele încercate.

Din analizarea datelor obținute rezultă:

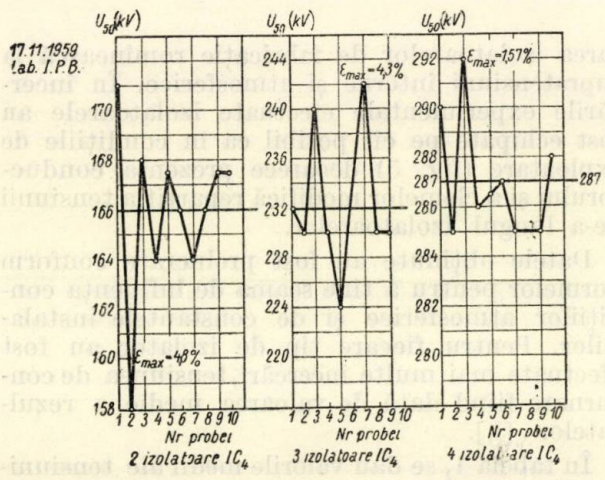
a) Valorile obținute sînt cuprinse în limite înguste; ecartul între două încercări nu depășește 5% ceea ce poate fi considerat pe deplin satisfăcător.

b) În cazul izolatoarelor rigide de tip Δ creșterea tensiunii de conturnare nu este proporțională cu creșterea tensiunii nominale. Astfel, la creșterea tensiunii nominale de la 10

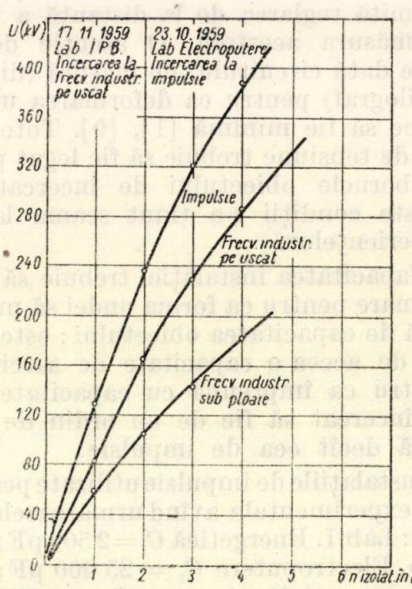
Tabela 1

Tensiunile de conturnare a diferitelor izolatoare de linii de diferite fabricații

Nr. crt.	Tipul izolatorului	Tens. de cont. la frecv. ind. uscat kV	Tens. de cont. la frecv. ind. ploaie kV	$\frac{U_{pl.}}{U_{us}}$	Tens. de cont. la impulsie kV	$\frac{U_i}{U_{usc}}$	$\frac{U_i}{U_{pl}}$
1	Suport 10 kV ȘS−10	87 60	(41) 34	(0,47) 0,55	112 90	1,29 1,50	(2,74) 2,64
2	Suport 20 kV ȘD−20	102 85	48 52	0,47 0,61	149 140	1,46 1,65	3,1 2,69
3	I.C.4 1 element II 4,5 K_3	83,5 75 70	55 40 50	0,66 0,52 0,715	130 150 85	1,56 2 1,2	2,36 3,75 1,7
4	I.C.4 2 elemente 2 II−4,5 2 K_3	166 135	102 95	0,615 0,87	236 280 170	1,42 1,26	2,31 1,8
5	I.C.4 3 elemente 3 II−4,5 3 K_3	232 220 190	142 110 140	0,61 0,73	323 380 260	1,46 1,37	2,28 1,86
6	I.C.5 4 elemente 4 II−4,5 4 K_3	287 295 245	180 180	0,61 0,73	390 480 345	1,36 1,4	2,18 1,92
7	Suport 15 kV	90	(45)	(0,47)	118	1,31	2,62



a)



b)

Fig. 6 Tensiunea de conturnare pentru diferite încercări.

la 15 kV tensiunea de conturnare crește de la 87 la 90 kV adică cu 3%, iar la creșterea de la 10 la 20 kV, tensiunea de conturnare crește de la 87 la 100 kV adică cu 15% (fig. 7).

Acest lucru este explicabil și prin faptul că lungimea căii de conturnare nu crește liniar cu tensiunea nominală (fig. 7). Este necesar deci de a corela creșterea tensiunii nominale cu

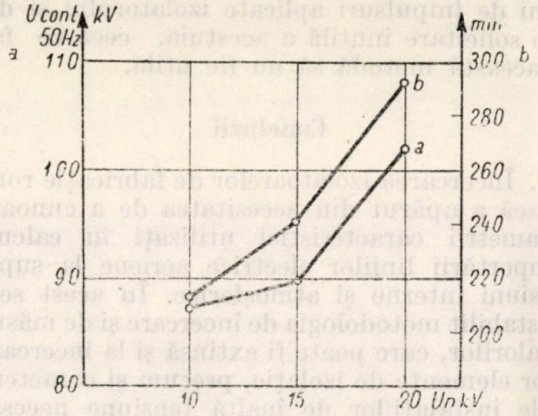


Fig. 7. Dependența tensiunii și lungimii căii de conturnare funcție de tensiunea nominală la izolatoare suport.

creșterea dimensiunilor și a tensiunii de conturnare modificînd în consecință construcția izolatoarelor.

c) Raportul dintre tensiunea de încercare sub ploaie și cea pe cale uscată este pentru izolatoarele Δ de circa 0,5 iar pentru izolatoarele I.C. 4 de circa 0,6.

Raportul tensiunii de conturnare la impulsie față de cea de frecvență industrială pe cale uscată este în medie 1,3 pentru izolatoarele suport și 1,4 pentru I.C. 4, fiind de 2,7 respectiv 2,2 față de tensiunea de conturnare sub ploaie.

d) Valorile obținute sînt comparabile cu cele menționate de diferite întreprinderi constructoare de izolatoare, lucru care reiese din tabela 1.

Din tabelă rezultă că:

— izolatoarele suport românești au tensiunea de conturnare mai mare decît cele germane și sovietice construite pentru aceeași tensiune nominală, ceea ce se explică prin dimensiunile lor mai mari. Comportarea la tensiune de frecvență industrială sub ploaie și impulsie este mai slabă la izolatoarele românești (raportul $\frac{U_{ploaie}}{U_{uscat}} = 0{,}5-0{,}6$ la cele sovietice și 0,47 la cele românești, iar $\frac{U_i}{U_{uscat}} = 1{,}5-1{,}65$ respectiv 1,29—1,46.

Izolatoarele cu capă au tensiunea de conturnare relativ mai ridicată; comportarea sub ploaie este superioară izolatoarelor sovietice — dar inferioară izolatoarelor germane; la impulsie izolatoarele românești au o comportare mai bună decît cele germane și inferioară față de cele sovietice. Trebuie menționat însă că acest lucru se datorește în mare parte faptului că izolatoarele de fabricație românească au dimensiuni geometrice mai ridicate.

Comportarea la impulsie a izolatoarelor I.C. 4 este relativ slabă; astfel în timpul încercărilor pentru ridicarea caracteristicilor tensiune-timp la un nivel de tensiune de 1,35 U 50% la unele izolatoare s-a produs străpungerea în urma unui număr de aproximativ 200—250 impulsuri.

e) Pe baza prelucrării unui număr mare de oscilograme (aproximativ 60 pentru fiecare izolator din care se dau cîteva în fig. 8) s-a putut stabili zona de dispersiune a caracteristicilor tensiune timp. Datele obținute duc la concluzia că pentru tensiuni mici dispersia este mare în

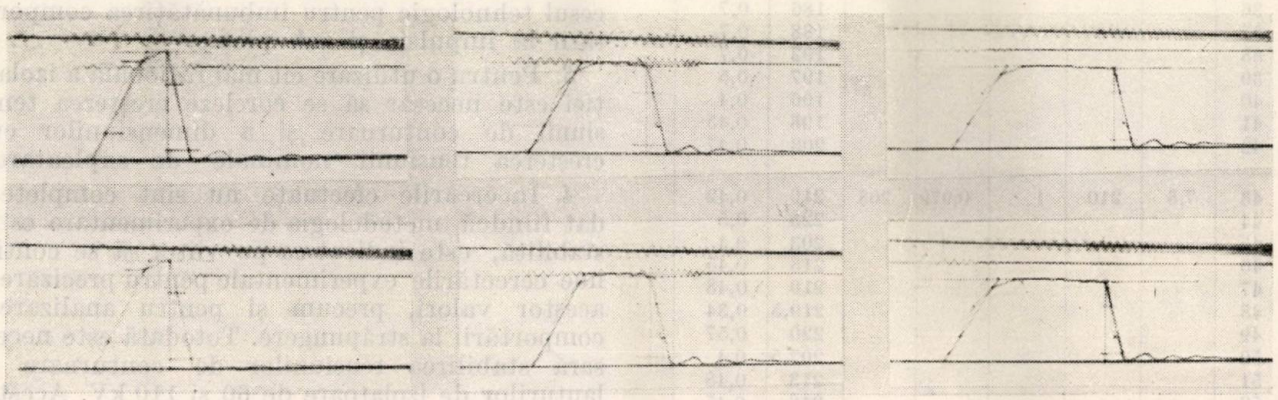


Fig. 8. Oscilograme cuprinzînd tensiunea de conturnare la impulsie.

ceea ce privește timpul, iar pentru tensiuni mari zona de dispersie este mai mare în ceea ce privește tensiunea, așa cum se vede în tabela 2. Aceste rezultate urmează a fi prelucrate cu ajutorul calculului statistic, pentru trasarea caracteristicilor tensiune-timp.

Tabela 2

Nr. crt.	Încercarea la impulsie a izolatorului I.C.4 cu conductor U cond. normale după						
	d	U_n	δ	$\frac{h}{\delta}$	Eclator	Oscilogramă	t μs
1	2	3	4	5	6	7	8
1	4,45	122,5	1,02	1,018	124	—	—
2	4,65	130	1,015	1	130	122	4
3						120	3,3
4						118	3
5						124,5	4,15
6						141	2,18
7						143	3,69
8						122	3
9						124	2,65
10						141	2,7
11						143	2,1
12	5,7	157	1,01	0,995	156	167	1,4
13						167	1,52
14						162,5	1,33
15						166,5	1,67
16						166,4	1,38
17						165,5	1,1
18						163,5	1,28
19						161	1,27
20						160	1,57
21	6,5	177	1,01	1,094	175	190	0,95
22						194	0,85
23						191	0,8
24						191	0,93
25						189	0,8
26						192	0,52
27						178	0,7
28						200	0,75
29						183	0,855
30						196	0,85
31						195	0,8
32						192	0,7
33	7,25	196	1	0,98	194	192	0,52
34						192	0,45
35						186	0,67
36						186	0,7
37						188	0,7
38						192	0,7
39						197	0,5
40						196	0,4
41						198	0,45
42						203	0,47
43	7,8	210	1	0,979	208	219	0,42
44						225	0,5
45						203	0,4
46						218	0,45
47						219	0,48
48						219,5	0,34
49						220	0,57
50						207,5	0,4
51						213	0,48
52						216	0,45
53	8,75	234	1	0,979	232	200	0,45
54						198	0,24
55						202	0,35
56						207	0,35
57						210	0,4
58						210	0,35
59						190	0,36
60						187	0,42
61						196	0,27
62						207,5	0,37

f) Pentru măsurarea tensiunii la ridicarea caracteristicii tensiune-timp, s-a utilizat în paralel eclatorul cu divizorul de tensiune.

Pe baza tabelei 2, se vede că valorile obținute cu eclatorul sînt apropiate de cele date prin oscilografiere numai pentru timpi mai mari de 1 μs iar pentru timpi mai mici de 1 μs, valorile obținute sînt relativ mai mici. Măsura cu eclatorul conduce la mărirea exagerată a numărului de impulsuri aplicate izolatorului și deci la o solicitare inutilă a acestuia, ceea ce face ca această metodă să nu fie utilă.

Concluzii

1. Încercarea izolatoarelor de fabricație românească a apărut din necesitatea de a cunoaște parametrii caracteristici utilizați în calculul comportării liniilor electrice aeriene la supratensiuni interne și atmosferice. În acest sens, s-a stabilit metodologia de încercare și de măsură a valorilor, care poate fi extinsă și la încercarea altor elemente de izolație, precum și caracteristicile instalațiilor de înaltă tensiune necesare efectuării încercărilor.

2. Încercările experimentale efectuate pe baza metodologiei stabilite au permis să se obțină tensiunile de conturnare pentru unele izolatoare de fabricație românească; valorile obținute sînt comparabile cu cele ale izolatoarelor de fabricație străină.

Izolatoarele de fabricație românească au o comportare bună la încercarea pe cale uscată — explicată și prin dimensiunile lor mari — dar au o comportare relativ slabă la impulsie și sub ploaie. De aci rezultă pe de o parte că pentru economie de material dimensiunile pot fi reduse iar pe de altă parte trebuie dirijat procesul tehnologic pentru îmbunătățirea comportării la impulsie și sub ploaie.

3. Pentru o utilizare cît mai rațională a izolației este necesar să se coreleze creșterea tensiunii de conturnare și a dimensiunilor cu creșterea tensiunii nominale de exploatare.

4. Încercările efectuate nu sînt complete; dat fiindcă metodologia de experimentare este stabilită, este indicat ca pe viitor să se continue cercetările experimentale pentru precizarea acestor valori, precum și pentru analizarea comportării la străpungere. Totodată este necesară stabilirea tensiunilor de conturnare a lanțurilor de izolatoare de 60 și 110 kV. Aceste încercări vor da pe de o parte posibilitatea alegerii nivelului de izolație la proiectarea liniilor aeriene pe o bază mai rațională, iar pe de altă parte vor contribui la îmbunătățirea caracteristicilor acestor izolatoare.

Bibliografie

[1] C. E. I. Comit. 42: Projet de recomandations pour la technique des essais a haute tension. Fev. 1959.

[2] *Comisia de Standardizare*: STAS 2685 — 56. Izolatoare de porţelan de la 1 kV. Condiţii generale.

[3] *A. Popescu* şi *C. Popescu* — Laboratorul de încercări al Institutului Politehnic. Monografie.

[4] *C. de Bernochi*: Prove ad impulso con onde di tensione pozitiva e negativa su isolatori di tipi diversi. L'Energia Elettrica **18** (1956) 3, 30.

[5] *C. de Bernochi*: La tensione di tenuta nelle prove ad impulso su isolatori. L'Energia Elettrica **19** (1957) 7. 681—691.

[6] *G. Drăgan B. Popa*: Ridicarea caracteristicii tensiune-timp a izolatoarelor electrice. Energetica **7** (1959) 5.

[7] *G. Hortopan*: Dispozitiv pentru sincronizarea generatorului de impuls cu osciloграful catodic. Electrotehnica **6** (1958) 4, 126.

[8] *G. Hortopan*: Observaţii privind calculul şi comanda unui generator de impuls. Electrotehnica **5** (1957) 1. 13.

[9] *Romano A.*: Étude des diviseur de tension en regim permanent. Rev. gén. Electr. **65** (1956) 5.

[10] *Nowicki S., Starzynski A.*: Bledy woscylograficz niych pomiarach wysokich napie udarowych. Archiwum Electrotechniki **7** (1958), 247—272.

Intrat în redacţie la 12 mai 1960.

Condensatoare ceramice pentru radiotehnică

Bruno Marcus, Ion Ciontea, Iuliu Kovacs, Violeta Vişoiu, Lucia Diaconu, Constantin Şoltuz* — Bucureşti

Între elementele componente ale unui aparat electronic condensatoarele joacă un rol important. Condensatoarele ceramice avînd ca dielectric o masă specială au caracteristici deosebit de favorabile. Ele au reuşit să fie realizate în laboratoarele ICET pe baza unor materii prime din ţară, calităţile lor fiind comparabile cu cele fabricate în străinătate.

CZ 621.319.42 :621.396

1. Introducere

Dintre diversele materiale folosite ca dielectrici în construcţia condensatoarelor, ceramica prezintă avantaje net superioare în unele domenii de aplicaţie. Astfel, se pot obţine constante dielectrice mari cu pierderi relativ mici, ceea ce duce pe de o parte, la piese cu volum şi greutăţi mici, iar pe de altă parte, permite folosirea condensatoarelor la frecvenţe mai ridicate. Stabilitatea ridicată în funcţie de condiţiile climatice şi mai ales în timp, determină înlocuirea condensatoarelor cu mică la frecvenţele înalte. Ceramica poate fi realizată într-o varietate mare de valori negative ale coeficientului de temperatură, care la unele mase au o variaţie liniară. Aceasta permite folosirea ei la condensatoarele utilizate pentru termocompensarea circuitelor electronice, ceea ce asigură stabilitatea aparaturii de radio şi electronică faţă de temperatură. Tehnica de radio modernă nu poate fi concepută fără folosirea condesatoarelor ceramice.

De asemenea, fabricarea condensatoarelor ceramice se pretează cu mai multă uşurinţă la automatizare, ceea ce implică o mare productivitate şi preţ relativ redus.

Pe lîngă factorii tehnici enumeraţi, fabricarea în ţară a condensatoarelor ceramice este justificată şi de faptul că principalele materii prime care intră în componenţa maselor se produc sau se pot produce în ţară.

În laboratorul de materiale ceramice şi piese radio din ICET s-a studiat realizarea condensatoarelor ceramice pentru radiotehnică. Studiile au început prin lucrări pentru obţinerea materialelor dielectrice ceramice pentru condensatoare. În continuare, au fost cuprinse şi celelalte probleme ale realizării condensatoarelor, respectiv: tehnologia depunerii stratului conductor, aliaje pentru fixarea terminalelor, lacuri de acoperire. Rezultatul lucrărilor constă în obţinerea unor serii de condensatoare şi încercarea lor după recomandările Comitetului Electrotehnic Internaţional.

Condensatoarele ceramice radio sînt destinate a fi folosite la diverse aparate şi deci trebuie să satisfacă numeroase exigenţe climatice şi mecanice, care sînt determinate de condiţiile de utilizare, depozitare sau transport a materialelor în diverse climate şi în condiţiile în care piesele sînt folosite în interiorul aparatelor.

* ing. *B. Marcus* este şef de laborator la ICET; ing. *I. Ciontea, I. Kovacs, F. Vişioiu, L. Diaconu* sînt cercetători la ICET; ing. *C. Şoltuz* este consilier ştiinţific la ICET.

Pentru verificarea caracteristicilor de comportare a pieselor radio în general, a condensatoarelor ceramice în special, Comitetul Electrotehnic Internațional a stabilit metode de încercări sub forma recomandării nr. 68 C.E.I. [1].

Condensatoarele ceramice pentru aparatajul de radiorecepție, care funcționează pe sol în condiții de climă temperată, se încadrează în grupa 656, ceea ce înseamnă :

6. Frig uscat vibrație	gradul VI (−25°C)
5. Căldură uscată	gradul V (+85°C)
6. Căldură umedă	gradul VI (17 zile)

Aceste performanțe au fost scopul primei etape a cercetărilor, urmînd ca în continuare, după introducerea în fabricație a acestor materiale, să se perfecționeze tehnologia pentru a obține condensatoare pentru condiții de climă deosebite.

Pornind de la analizarea produselor străine similare și a materialelor folosite de diverse firme, în producerea condensatoarelor s-a stabilit că în primă urgență trebuie realizate condensatoare din grupa P 100 și N 750, care sînt cele mai mult folosite în radiotehnică.

Materialul pentru condensatoare de tip P 100 a fost elaborat de ICET pe baza talcului (steatitei) din regiunea Hunedoara. Acest material are principalele caracteristici prezentate mai jos [2], [3] :

Steatit de înaltă frecvență ;
- denumirea materialului ICET−TB 8 ;
- constanta dielectrică ~ 6,5 ;
- coeficientul de temperatură al capacității $+(100\pm20)10^{-6}$
- pierderi dielectrice la 1 MHz ;
  tg δ la 20°C − 5 ÷ $6\cdot10^{-4}$;
  tg δ la 80°C − $8\cdot10^{-4}$;
- rezistența mecanică la încovoiere statică − 1 500 ; kg/cm²
- rezistivitatea de volum − 10^{14} ohm/cm.

Această lucrare a fost prezentată în cadrul primei sesiuni ICET și la Conferința Electricienilor din R.P.R. din anul 1957.

Studiul materialului ceramic pentru condensatoare de tip N 750 a fost elaborat și se prezintă în lucrarea de față.

2. Masa ceramică

Principalele caracteristici ale materialului ceramic dielectric pentru condensatoarele tip N 750 corespund normelor străine, după cum se vede în tabela 1.

Din datele literaturii și din materialele documentare rezultă că aceste mase sînt produse sub diferite denumiri comerciale ca de pildă T−80 în U.R.S.S., Condensa F în R.D.G., tip U în Franța, N 750 în Anglia, S.U.A. și R.F.G. etc.

Tabela 1

	Clasă, tip	GOST 5458—57	DIN 40685	ICET
		Clasa I gr. b.	310	Ti 11
1	Constanta dielectrică la 20±50°C	65−100	65−100	~87
2	Coeficient de temperatură al capacității	$-(700\pm100)10^{-6}$	$-(630\div870)10^{-6}$	$\sim-631\cdot10^{-6}$
3	Tangenta unghiului de pierderi (10^6 Hz) :			
	− la 20±5°C × 10^{-4}	sub 6	3−8	sub 6
	− la 80±5°C × 10^{-4}	sub 8	3−8	sub 6
	− la 100±5°C × 10^{-4}	sub 12	3−8	sub 10
	− după umezire × 10^{-4}	sub 8	−	sub 6
4	Rigiditatea dielectrică	peste 8 kV/mm	100−200 kV/cm	peste 8 kV/mm
5	Rezistivitatea de volum la 100±5°C	peste 10^{11}	−	peste 10^{11}
6	Încovoierea statică	peste 800 kg/cm²	900−1 500 kg/cm²	peste 1 500
7	Dilatarea liniară între 20 și 100°C	$8\cdot10^{-6}$	$(6-8)\ 10^{-6}$	−

Tabela 2

Denumirea parametrului	T-80 U.R.S.S.	Condensa F R. D. G.	Ti 11 ICET	Rutikonal R.P.U.	Tip U Franța	N 750 Rosenthal	N 750 Valvo
Constanta dielectrică ε	80	80	87	80−85	90	80	90
Coeficientul de temperatură al capacității TK ε	−700	−680... −860	−630	−700±100	−750 ±120	−750 ±120	−750 ±120
Pierderile dielectrice tg δ	max $10\cdot10^{-4}$	max $10\cdot10^{-4}$	$6\cdot10^{-4}$	max $10\cdot10^{-4}$	$4\cdot10^{-4}$	$4\cdot10^{-4}$	$4\cdot10^{-4}$

Masele similare străine au proprietățile principale prezentate mai jos, comparativ cu cele ale masei ICET care este notată Ti 11.

Compozițiile chimice ale acestor materiale sînt brevetate, însă ele cuprind în principal bioxid de titan cu diverse adaose, cum ar fi caolină, bentonită, oxid de zirconiu, oxid de zinc, fluorură de calciu și altele.

Principala caracteristică a acestor mase ceramice este valoarea ridicată a constantei dielectrice. Această caracteristică este legată direct de conținutul în bioxid de titan al masei [4], după cum rezultă din diagramă (fig. 1).

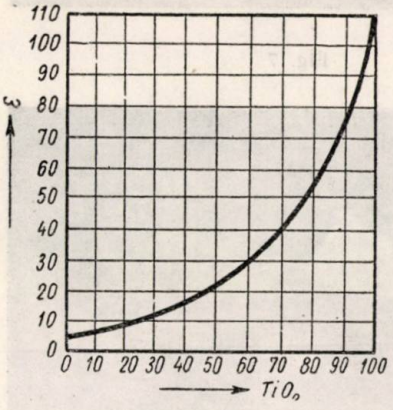


Fig. 1. Variația constantei dielectrice ε în funcție de conținutul în TiO_2.

După cum rezultă din studiile efectuate asupra cristalizării în sistemul TiO_2—ZnO, la temperaturi de peste 1100°C, fazele cristaline sînt TiO_2 (rutil) și metatitanat de zinc $ZnO \cdot TiO_2$ [5]. La scăderea temperaturii pînă la 800°C aceasta din urmă intră în soluție solidă cu TiO_2.

Determinările microscopice efectuate asupra unor probe de condensatoare din masa Ti 11,

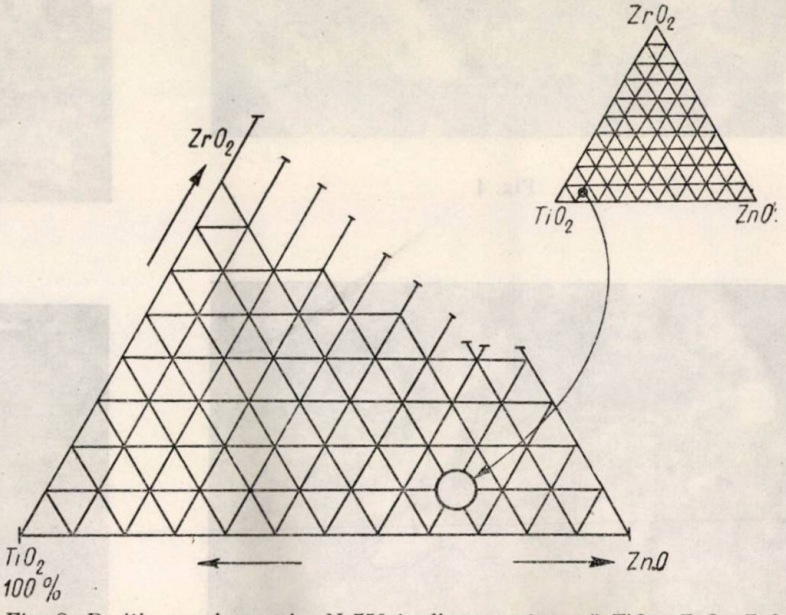


Fig. 2. Poziția masei ceramice N 750 în diagrama ternară TiO_2—ZnO—ZrO_2.

În scopul realizării unor materiale cu tehnologia satisfăcătoare, pentru a se obține reproductibilitatea șarjelor și a se îmbunătăți unele sau altele dintre proprietățile masei ceramice, diversele cercetări au condus la soluții deosebite. Cercetările noastre au dus la obținerea unui material care se încadrează în sistemul ternar: bioxid de titan—oxid de zinc—oxid de zirconiu. După cum rezultă din diagrama ternară prezentată în fig. 2, materialul studiat, notat Ti 11 (N 750), se găsește spre vîrful bioxidului de titan, în zona de cristalizare primară a rutilului.

Componenții principali ai masei sînt TiO_2, ZnO, adaosuri de ZrO_2, Al_2O_3, SiO_2.

Variația proprietăților dielectrice ale ceramicei cu TiO_2—ZnO se prezintă în diagrama din fig. 3.

Din această diagramă rezultă că principalele proprietăți variază în felul următor:

tg δ — cu creșterea conținutului de TiO_2 scad pierderile pînă la valori în jurul lui tg δ = $4 \cdot 10^{-4}$;

— cu creșterea conținutului în TiO_2 crește constanta simțitor pînă la peste 80, pentru conținut de peste 80% TiO_2;

$TK\varepsilon$ — variază de la valori pozitive (+180) la valori puternic negative (—710) într-o zonă cuprinsă între 33 și 90% TiO_2.

comparativ cu masa germană Condensa F se prezintă în figurile 4, 5, 6, 7, 8.

După cum se vede din microfotografiile din figurile 4, 5, 6, materialul ceramic Ti 11 este

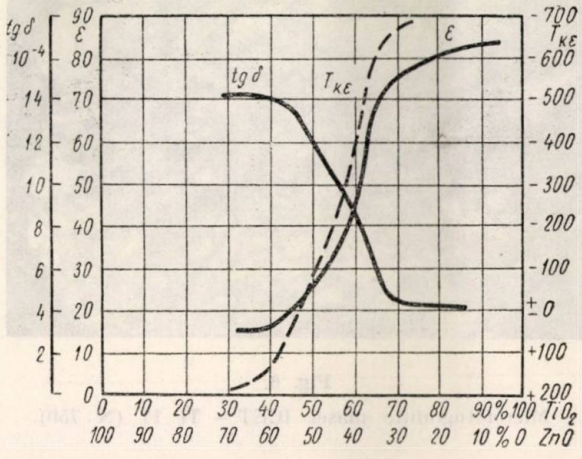


Fig. 3. Variația principalelor caracteristici dielectrice în sistemul binar TiO_2—ZnO.

constituit dintr-o masă cristalină, cristalele mari de rutil fiind înconjurate de o masă microcristalină aciculară întrepătunsă de sticla

Fig. 4

Fig. 5

Fig. 6.
Microfotografiile masei ICET – Ti 11 (N 750).

de legătură. De altfel, studiul sistemului binar al principalilor constituenți TiO_2 și ZnO corespunde rezultatelor obținute la ICET.

Masa ceramică este compactă, bine vitrifiată, prezentînd uniformitate de masă. Structura masei Ti 11 este practic identică cu structura masei germane Condensa F (fig. 7 și 8).

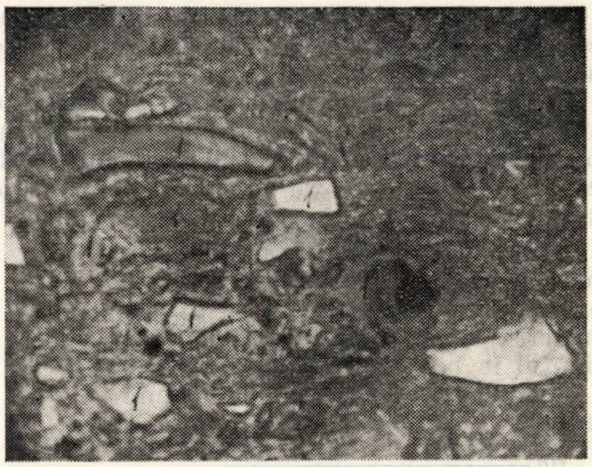


Fig. 7

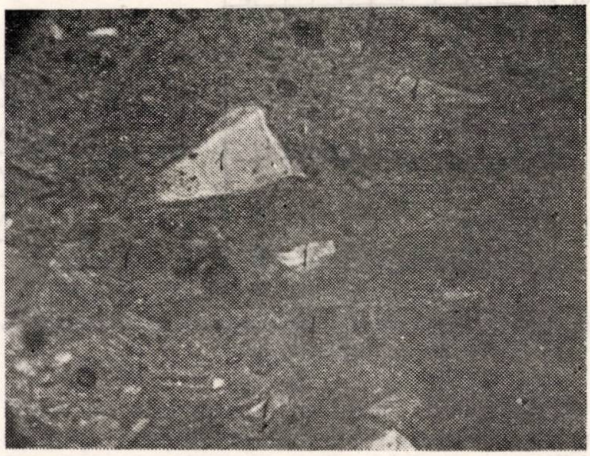


Fig. 8.
Microfotografiile masei germane Condenssa F (N 750).

Tehnologia de pregătire a masei ceramice și de confecționare a condensatoarelor este prezentată schematic în pagina următoare.

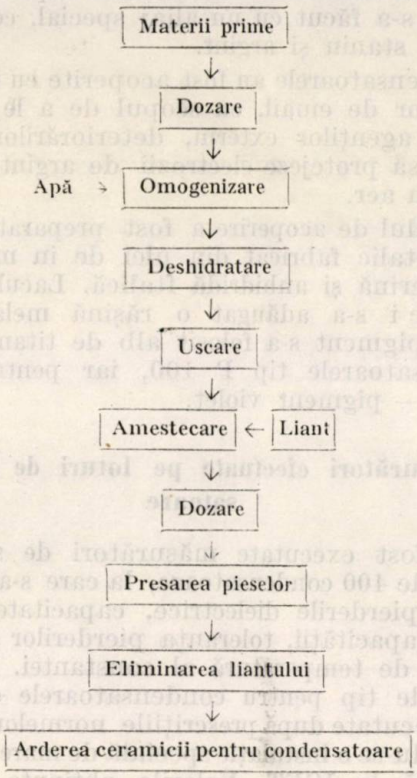
Prin această tehnologie au fost realizate din masa Ti 11 condensatoare disc, cu diametre între 8 și 20 mm și grosimi de la 0,6 la 1,2 mm.

Ca liant s-a folosit parafină. Presarea s-a făcut la o presiune specifică de 1200 — 1400kg/cm². S-a constatat că există o strînsă legătură între presiunea de lucru, densitatea materialului ceramic, coeficientul de contracție și caracteristicile electrice, respectiv pierderile. Cu cît materialul este presat la presiuni mai mari, cu atît contracția este mai mică, greutatea specifică mai mare și pierderile mai mici.

Pentru a se asigura condiții constante și uniformitatea produselor realizate, arderea condensatoarelor s-a făcut într-un cuptor electric tunel de laborator, cu măsurarea și reglarea automată a temperaturii.

Materia primă principală folosită și anume bioxidul de titan a fost de mai multe sorturi,

import și indigen. Trebuie să subliniem că TiO_2 produs în stația experimentală a ICECHIM a corespuns întocmai, iar valorile



caracteristicilor condensatoarelor, realizate cu TiO_2 import și ICECHIM, sînt practic identice.

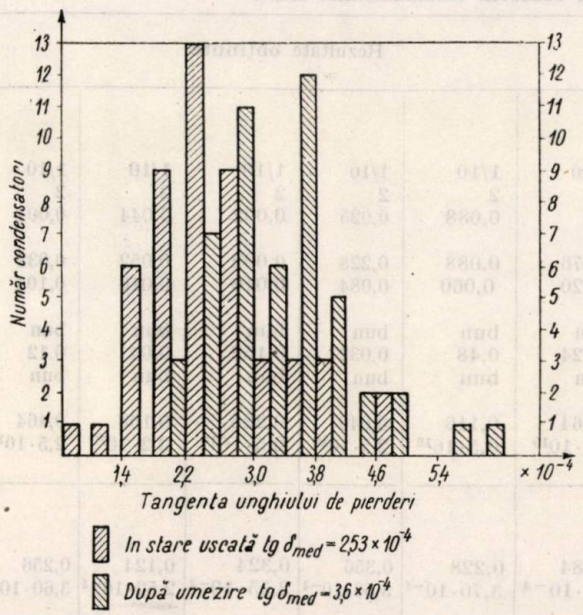


Fig. 9. Valorile pierderilor dielectrice pentru lotul de 50 condensatoare.

Determinările pierderilor dielectrice, executate pe un lot de 50 condensatoare în stare uscată și după umezire, se prezintă în fig. 9, din care rezultă: valorile pierderilor sînt cuprinse pe o plajă nu prea întinsă, clopotul lui Gauss avînd forma ascuțită.

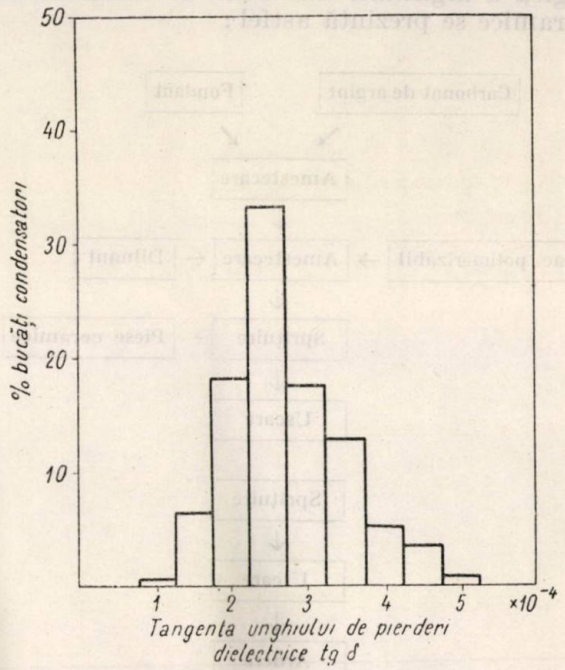


Fig. 10. Repartiția valorilor tangentei unghiului de pierderi dielectrice pe lotul x — 58, măsurat din 400 bucăți condensatoare.

După umezirea condensatoarelor, timp de 24 ore în apă distilată, pierderile cresc puțin, însă forma curbei rămîne aceeași iar valoarea pierderilor se păstrează în limitele admise de normele internaționale.

Repartiția valorii pierderilor dielectrice s-a măsurat pe un lot de 400 condensatoare. Și aici apare forma curbei ascuțite, ceea ce arată că proprietățile se păstrează pe loturi mai mari de piese în limite strînse (fig. 10).

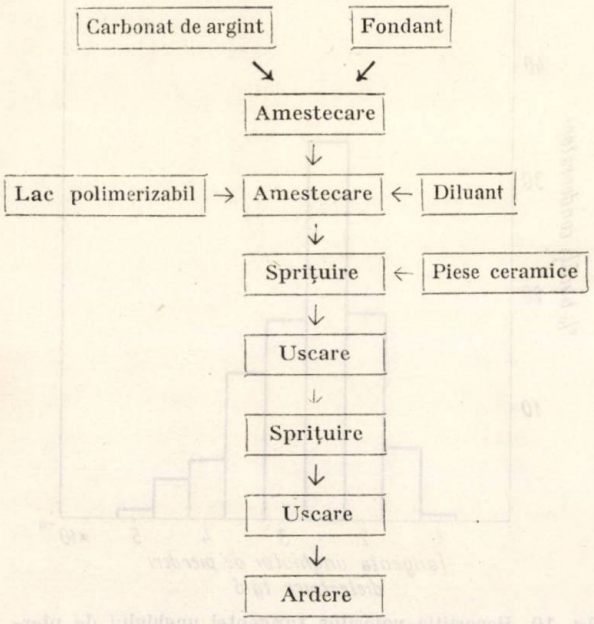
3. Stratul conductor

Datorită conductibilității electrice și stabilității față de factorii exteriori, stratul conductor, care formează electrozii condensatoarelor ceramice, este constituit din argint. Depunerea stratului de argint se poate face prin mai multe metode, dintre care, autorii au ales metoda descompunerii termice.

O pastă conținînd argint (respectiv Ag_2CO_3) se depune pe ceramică și prin descompunere termică apare un strat metalic continuu, uniform și foarte aderent. Procedeul este cunoscut și aplicat pretutindeni.

În aplicarea acestui procedeu s-a folosit drept pastă de argintare un amestec de carbonat de argint, fondant și lac polimerizabil. Amestecul fondant conține oxid de bismut și borat de plumb. Folosirea unui lac polimerizabil în locul cunoscutului amestec colo-

foniu-terebentină, a permis să se înlocuiască una din cele două arderi ale stratului de argint, printr-o simplă uscare la 180°C. Schema tehnologică a argintării discurilor de condensatoare ceramice se prezintă astfel :



Depunerea pastei de argint s-a făcut cu pistolul, prin sprițuire. Măsurătorile cu privire la aderența stratului de argint pe ceramică, au dus la valori bune, ceea ce asigură rezistența fixării terminalelor.

Ca terminale s-a folosit sîrmă de cupru cositorită, cu diametrul de 0,8 mm. Lipirea terminalelor s-a făcut cu un aliaj special, conținînd plumb, staniu și argint.

Condensatoarele au fost acoperite cu un strat protector de email, cu scopul de a le proteja contra agenților externi, deteriorărilor mecanice și să protejeze electrozii de argint de oxidarea în aer.

Emailul de acoperire a fost preparat din lac oleogliptalic fabricat din ulei de in modificat cu glicerină și anhidridă ftalică. Lacului oleogliptalic i s-a adăugat o rășină melaminică. Drept pigment s-a folosit alb de titan pentru condensatoarele tip P 100, iar pentru tipul N 750 — pigment violet.

4. Măsurători efectuate pe loturi de condensatoare

Au fost executate măsurători de serie pe un lot de 400 condensatoare, la care s-au determinat pierderile dielectrice, capacitatea, toleranța capacității, toleranța pierderilor și coeficientul de temperatură al constantei. Măsurătorile de tip pentru condensatoarele disc, au fost executate după prescripțiile normelor C.E.I., folosindu-se o instalație specială de mare precizie realizată la ICET. Valorile obținute se dau

Tabela 3

Rezultatele obținute la încercările de tip conform recomandărilor C.E.I.

Denumirea încercării :		Condiție	Rezultate obținute					
Prima serie		CEI						
Rezistența mecanică a capetelor terminale, kgf/s		1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10
Flexibilitatea fir, îndoire 90°		2	2	2	2	2	2	2
Sudura	ΔC	0,5 pF	0,4	0,088	0,025	0,092	0,044	0,004
Variația rapidă a temperaturii + 85°... — 40°	ΔC	0,2 pF	0,076	0,088	0,228	0,092	0,052	0,032
Căldura uscată	ΔC	0,2 pF	0,020	0,060	0,084	0,016	0,016	0,104
Căldura umedă (acc) ciclul I	aspect	bun	bun	bun	bun	bun	bun	bun
Frig uscat	ΔC	0,2 pF	0,024	0,48	0,032	0,152	0,04	0,12
Presiunea scăzută 300 mb	tensiune	să nu conturneze	bun	bun	bun	bun	bun	bun
Căldură umedă	ΔC	1pF	0,364	0,116	0,040	0,228	0,108	0,464
(acc) ciclul II	rezist. izolat	10^{-0}	$1,6 \cdot 10^{10}$	$0,5 \cdot 10^{10}$	$2,5 \cdot 10^{10}$	$2,5 \cdot 10^{10}$	$3,2 \cdot 10^{10}$	$2,5 \cdot 10^{10}$
A doua serie								
Căldură umedă	ΔC	1 pF	0,184	0,228	0,356	0,324	0,124	0,256
Lungă durată	tg δ	2 tg δ	$4,4 \cdot 10^{-4}$	$3,70 \cdot 10^{-4}$	$3,56 \cdot 10^{-4}$	$3,55 \cdot 10^{-4}$	$2,52 \cdot 10^{-4}$	$3,60 \cdot 10^{-4}$
	rezist. izolat	10^{10}	10^{11}	10^{11}	10^{11}	$1,2 \cdot 10^{11}$	10^{11}	10^{11}
A treia serie								
Coeficient temperatură	$TK\varepsilon$		medie — $700 \cdot 10^{-6}$ 1/°C					
Stabilitate de scurtă durată	C_{max}/C_{x-min}	10^{-4}	$3,3 \cdot 10^{-5}$	$6,6 \cdot 10^{-5}$	$3,3 \cdot 10^{-5}$	$1,7 \cdot 10^{-5}$	$3,3 \cdot 10^{-5}$	

în tabela 3 ; din acestea rezultă calitatea condensatoarelor realizate la ICET.

Pe un lot de opt piese s-au executat măsurători de rezistență în timp. Probele au fost supuse timp de 250 ore (conform C.E.I.) și în continuare pînă la 1 000 ore în condiții de 85°C și 1,4 Un (1,4 × 750 = 1 050 V).

Tabela 4

Nr. conden sator.	Tangenta unghiului de pierderi (tg δ × 10^4) ·				
	după 114 ore	după 250 ore	după 500 ore	după 750 ore	după 1 000 ore
17	1,71	2,55	2,82	2,62	2,86
7	2,56	2,93	3,39	4,07	3,47
22	2,22	3,34	2,25	2,73	2,27
23	1,74	2,15	2,21	2,68	2,24
15	2,25	2,01	2,27	2,77	3,01
5	1,35	2,25	2,28	2,74	3,51
16	2,98	2,75	2,79	3,22	3,80
11	1,35	2,76	2,33	2,36	3.57

Valorile obținute se dau în tabela 4. La această probă, determinarea tg δ s-a făcut cu un Q-metru tip RFT. Precizia determinărilor : ± 20 %.

Concluzii

1. Fabricarea condensatoarelor ceramice, bazate pe materii prime indigene, corespunde nevoilor de dezvoltare rapidă a industriei din țara noastră.

2. Performanțele obținute și cuprinse în tabela sinoptică prezentată, corespund performanțelor produselor străine și demonstrează posibilitatea realizării în țară a acestor condensatoare.

Bibliografie

[1] • • • Comitetul Electrotehnic Internațional. Recomandarea nr. 68.

[2] *Nicolae M.* și *Marcus B.* : Comunicare la prima sesiune ICET, 1957.

[3] *Nicolae M.* și *Marcus B.* : Materialele Conferinței Electricienilor din R.P.R. 21 martie 1957.

[4] *Palatzki A.* : Technische Keramik-VEB Verlag Technik. Berlin, 1954.

[5] *Levin M. E.* · Phase diagrams for ceramics. Ohio, 1956.

Intrat în redacție la 8 aprilie 1960.

A APĂRUT VOLUMUL VI

din

LEXICONUL TEHNIC ROMÎN

— elaborare nouă —

Volumul conține termenii directori care încep cu litera D.

Costul unui volum 100 lei

Vă puteți procura acest volum, ca și cele anterioare, la librării, difuzorii de cărți din întreprinderi și prin „Publicațiile Tehnice ASIT". București, str. Ion Ghica nr. 3, raionul Tudor Vladimirescu, cont 070124 B.R.P.R. — filiala I. V. Stalin.

Pentru tînărul inginer

Unele aspecte ale folosirii riglei de calcul în electrotehnică

Mircea Gheorghiu şi Nicolae Ştefănescu* – Bucureşti

CZ 621.3:518.5

Rigla de calcul a devenit de multă vreme un auxiliar preţios pentru ingineri şi tehnicieni, fiind un instrument de calcul comod, uşor de manipulat şi de suficientă precizie în majoritatea problemelor tehnice.

Operaţiile curente de înmulţire, împărţire, ridicare la patrat şi cub, aflarea funcţiilor trigonometrice directe şi inverse etc. sînt însuşite şi efectuate în mai mare sau mai mică măsură de către toţi acei care folosesc rigla de calcul, expunerea lor fiind prezentată în multe lucrări de popularizare şi uneori chiar în prospectele care însoţesc rigla.

Pentru inginerii şi tehnicienii din specialităţile electrotehnică, energetică şi electronică, rigla de calcul oferă însă o serie de aplicaţii care, deşi mai puţin cunoscute, sînt deosebit de utile şi de importante, cu atît mai mult cu cît, în majoritatea lor, se efectuează pe riglele de calcul obişnuite (riglele sovietice şi romîneşti de modul 25 cm şi 12,5 cm), fără a necesita repere sau scări suplimentare, iar acolo unde sînt necesare repere suplimentare, ele se pot marca cu uşurinţă pe riglă de către cel care o foloseşte.

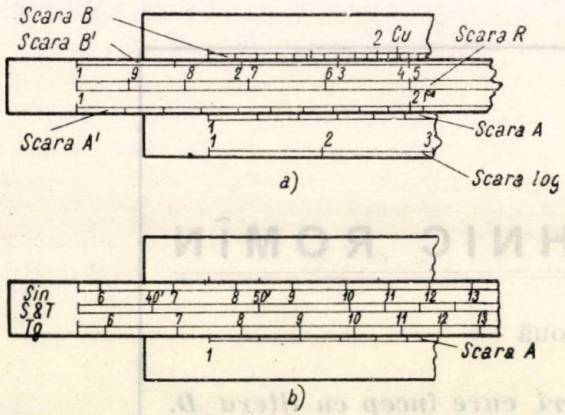


Fig. 1. Principalele scări trasate pe rigla de calcul romînească (construcţie „Tehnolemn" – Timişoara).

Faptul că aceste operaţii specifice electrotehnicii sînt mai puţin cunoscute şi tratate în literatură, ne-a determinat să expunem unele din ele în acest articol, sperînd că în acest mod vom da un ajutor studenţilor, inginerilor şi tehnicienilor care, folosind rigla de calcul, îi pot valorifica mai bine posibilităţile.

Principala utilizare a riglei de calcul, specifică electrotehnicii, o constituie transformarea numerelor complexe din forma algebrică în cea exponenţială şi invers, operaţie de foarte mare frecvenţă şi care necesită cu mijloacele obişnuite calcule destul de laborioase şi un timp relativ destul de mare*.

Transformarea se bazează pe folosirea scărilor normale A şi A' ($\lambda \ln x$) de pe riglă şi rigletă, a reperelor ρ' şi ρ'' de pe scara A' a rigletei şi a scărilor trigonometrice Sin, S & T, Tg de pe spatele rigletei** (fig. 1, *a* şi *b*).

În cele ce urmează se expune această transformare, precum şi alte operaţii pe care le-am considerat mai importante şi mai puţin cunoscute, cu menţiunea că spaţiul restrîns nu permite să se indice şi justificarea teoretică a operaţiilor, ea urmînd a fi prezentată într-o lucrare mai amplă care va apare în Editura Tehnică.

1–A. Transformarea unui număr complex din forma algebrică în forma exponenţială

Această transformare se efectuează în baza relaţiilor cunoscute:

$$Z = a + \mathrm{j}\, b = Z(\cos\varphi + \mathrm{j}\sin\varphi) = Ze^{\mathrm{j}\varphi} \quad (1)$$

unde

$$\varphi = \operatorname{arctg}\,(b/a) \quad (2)$$

şi

$$Z = b/\sin\,\varphi \quad (3)$$

sau

$$Z = a/\cos\,\varphi \quad (3')$$

Efectuînd convenabil împărţirea b/a pe riglă, unghiul φ se poate citi direct pe scara Tg (eventual S & T). În acest scop se inversează poziţia rigletei astfel ca scările trigonometrice Tg, S & T şi Sin să apară pe faţă (fig. 1, *b*).

Trebuie apoi să se ţină seama de limitele scărilor Tg şi S & T, pentru a se putea citi corect argumentul φ.

Astfel, scara Tg este gradată pentru

$$5°44' \leqslant \varphi \leqslant 45°, \quad (4)$$

la care corespunde

$$10^{-1} \leqslant \operatorname{tg}\varphi \leqslant 1, \quad (4')$$

* Ing. *M. Gheorghiu* şi *N. Ştefănescu* sînt şefi de lucrări la Institutul Politehnic din Bucureşti.

* În urma unei statistici făcute cu studenţii de la Institutul Politehnic – Bucureşti, s-a constatat că transformarea numărului complex

$$Z = 435 + \mathrm{j}\ 176{,}5$$

în forma exponenţială, a necesitat în medie:

– cu folosirea tabelelor de patrate şi tangente trigonometrice (rezultat 469, $4e^{\mathrm{j}22°05'}$) .....220 secunde;

– cu folosirea operaţiilor uzuale pe riglă (ridicare la patrat, extragerea rădăcinii patrate, aflarea funcţie arctg (b/a) (rezultat 470 $e^{\mathrm{j}22°05'}$) .....160 secunde;

– cu metoda expusă în articol (rezultat $469e^{\mathrm{j}22°05'}$) ... 30 secunde.

** Indicaţiile se referă la rigla romînească şi cea sovietică.

iar scara S & T este gradată pentru

$$34'44'' \leqslant \varphi \leqslant 5°44' \qquad (5)$$

la care corespunde

$$10^{-2} \leqslant \operatorname{tg}\varphi \leqslant 10^{-1} \qquad (5')$$

și

$$\sin \varphi \simeq \operatorname{tg}\varphi$$

În consecință, argumentul $\varphi = \operatorname{arctg}(b/a)$ se va putea citi direct pe scările Tg sau S & T numai dacă raportul b/a este cuprins între limitele indicate de (4') respectiv (5'), adică dacă reprezentarea lui Z în planul complex se încadrează în situațiile arătate în fig. 2 *a* și *b*.

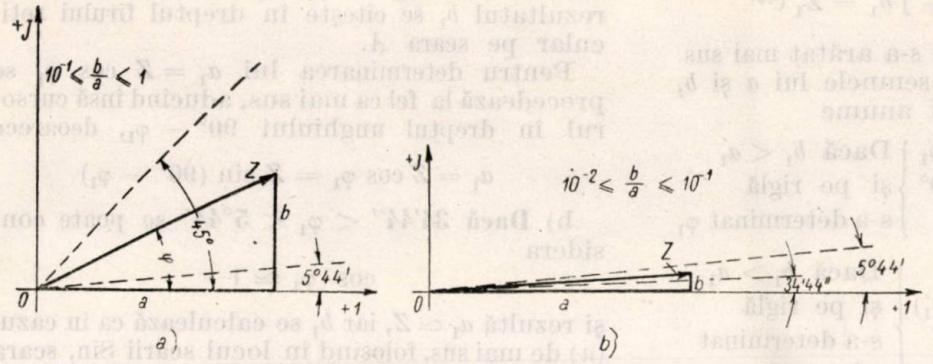


Fig. 2. Reprezentarea grafică a numerelor complexe (cazul $b/a < 1$).

Dacă $1 < b/a < 10^2$ (fig. 3), se efectuează pe riglă raportul subunitar a/b, determinîndu-se astfel unghiul complimentar

$$\varphi' = \operatorname{arctg}(a/b) = (\pi/2) - \operatorname{arctg}(b/a) = (\pi/2) - \varphi \qquad (6)$$

Procedeul de lucru pentru $a, b > 0$ este deci următorul:

a) Se evaluează raportul subunitar b/a (eventual a/b), pentru a se determina după limitele (4') sau (5') dacă citirea lui φ (eventual φ') se face pe scara Tg sau S&T;

b) Pentru cazul cînd încadrarea se face între limitele (4'):

α) Se așază firul reticular al cursorului în dreptul diviziunii corespunzătoare numărului mai mic b (eventual a) reperată pe scara A; se aduce după caz începutul sau sfîrșitul scării Tg în dreptul diviziunii corespunzătoare numărului mai mare a (eventual b), reperată de asemenea pe scara A și se citește argumentul φ (eventual φ') în dreptul firului reticular pe scara Tg a rigletei.

Aducerea începutului sau a sfîrșitului scării Tg în dreptul lui a (eventual b) este impusă de necesitatea de a avea scara rigletei în dreptul reticulului, pentru a se putea citi φ (eventual φ').

β) Pentru determinarea modulului Z se efectuează împărțirea (3), în care scop se deplasează rigleta astfel ca unghiul φ de pe scara Sin să fie adus în dreptul firului reticular, care se menține în poziția determinată la punctul α de mai sus. Rezultatul (modulul Z) se citește pe scara A în dreptul începutului sau sfîrșitului scării Tg.

Procedeul este valabil și pentru $a > b$, căci în acest caz

$$Z = b/\sin \varphi = a/\sin \varphi' = b/\cos \varphi' \qquad (7)$$

c) Pentru cazul încadrării între limitele (5') se determină φ (eventual φ') ca și la $b - \alpha$, cu deosebirea că rezultatul se citește pe scara S & T, iar modulul rezultă din

$$Z = b/\sin \varphi \simeq b/\operatorname{tg} \varphi \simeq a \qquad (b < a)$$

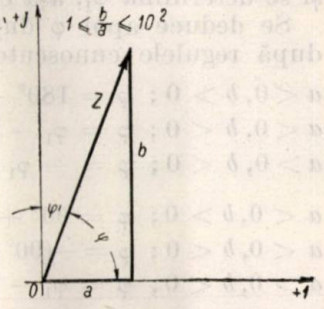


Fig. 3. Reprezentarea grafică a numerelor complexe (cazul $b/a > 1$).

sau

$$Z = a/\sin \varphi' \simeq a/\operatorname{tg} \varphi' \simeq b \qquad (b > a)$$

d) Dacă $b/a < 10^{-2}$ (eventual $b/a > 10^2$), rezultă cu atît mai mult

$$Z \simeq a \text{ (eventual } Z \simeq b),$$

iar determinarea lui φ se face prin împărțirea normală b/a (cu rigleta pe față ca în fig. 1 *a*), în baza relației:

$$\operatorname{tg} \varphi = b/a \simeq [\varphi]^{rad}. \qquad (8)$$

Transformarea argumentului φ din radiani în minute sau secunde sexagesimale se face în baza relațiilor:

$$[\varphi]' = \frac{180 \cdot 60}{\pi} [\varphi]^{rad} = 3{,}438 \cdot 10^3 [\varphi]^{rad} = \rho' [\varphi]^{rad} \qquad (9)$$

$$[\varphi]'' = \frac{180 \cdot 60 \cdot 60}{\pi} [\varphi]^{rad} = 2{,}063 \cdot 10^5 [\varphi]^{rad} = \rho'' [\varphi]^{rad} \qquad (10)$$

Coeficienții ρ' și ρ'' * sînt marcați pe rigletă (scara A'), astfel că operațiile de efectuat sînt

* Să nu se confunde ρ'' cu $\rho_{''} = 400 \cdot 100 \cdot 100/2\pi = 6{,}366 \cdot 10^5$ care servește la convertirea în secunde centesimale.

următoarele: se face împărțirea b/a, aducînd diviziunea a de pe scara A' în dreptul diviziunii b de pe scara A și se deplasează cursorul în dreptul lui ρ' sau ρ'' de pe rigletă, pentru a citi rezultatul pe scara A în minute sau respectiv secunde.

Fracțiunile zecimale de minut care rezultă din citirea în dreptul lui ρ' se convertesc în secunde.

Ordinul de mărime se determină ușor, folosind relațiile (9) și (10).

Dacă unul sau ambele numere a, b sînt negative, pentru calcularea lui $\underline{Z} = Ze^{j\varphi}$ se formează în prealabil numărul complex

$$\underline{Z}_1 = |a| + j|b| = a_1 + j\,b_1 = Z_1\,e^{j\varphi_1}$$

și se determină φ_1, așa cum s-a arătat mai sus.

Se deduce apoi φ după semnele lui a și b, după regulele cunoscute și anume

$a<0, b>0$;	$\varphi = 180° - \varphi_1$	Dacă $b_1 < a_1$
$a<0, b<0$;	$\varphi = \varphi_1 - 180°$	și pe riglă
$a>0, b<0$;	$\varphi = -\varphi_1$	s-a determinat φ_1

$a<0, b>0$;	$\varphi = 90° + \varphi_1'$	Dacă $b_1 > a_1$
$a<0, b<0$;	$\varphi = -(90° + \varphi_1')$	și pe riglă
$a>0, b<0$;	$\varphi = \varphi_1' - 90°$	s-a determinat $\varphi_1' = 90° - \varphi_1$

Modulul căutat este $Z = Z_1$, căci $\sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{a_1^2 + b_1^2}$

1—B. Transformarea unui număr complex din forma exponențială în forma algebrică

Transformarea se face tot pe baza relației (1), efectuînd pe riglă înmulțirile

$$Z\cos\varphi = a \quad \text{și} \quad Z\sin\varphi = b \qquad (11)$$

Dacă $\varphi > 90°$ este necesar să se reducă în prealabil unghiul φ la primul cadran, adică să se determine un unghi φ_1 astfel ca

$0 < \varphi_1 < 90°$; $\sin\varphi_1 = \pm\sin\varphi$; $\cos\varphi_1 = \pm\cos\varphi$

Se amintește că pentru reducerea la primul cadran se face întîi reducerea la primul cerc, considerînd restul φ_1' al împărțirii $\varphi/360°$ ($\varphi_1' = \varphi - n\,360°$), după care:

- dacă $0 < \varphi_1' < 90°$ atunci $\varphi_1 = \varphi_1'$; $\sin\varphi = \sin\varphi_1$; $\cos\varphi = \cos\varphi_1$
- dacă $90° < \varphi_1' < 180°$ atunci $\varphi_1 = 180° - \varphi_1'$; $\sin\varphi = \sin\varphi_1$; $\cos\varphi = -\cos\varphi_1$
- dacă $180 < \varphi_1' < 270°$ atunci $\varphi_1 = \varphi_1' - 180°$; $\sin\varphi = -\sin\varphi_1$; $\cos\varphi = -\cos\varphi_1$
- dacă $270° < \varphi_1' < 360°$ atunci $\varphi_1 = 360° - \varphi_1'$; $\sin\varphi = -\sin\varphi_1$; $\cos\varphi = \cos\varphi_1$ (12)

Atunci, dîndu-se $\underline{Z} = Ze^{j\varphi}$, se reduce φ la primul cadran și se consideră numărul $\underline{Z}_1 = Z^{j\varphi_1}$ care se pune după procedeul ce se va indica mai jos sub forma algebrică:

$$Z_1 = Z\cos\varphi_1 + j\,Z\sin\varphi_1 = a_1 + j\,b_1 \qquad (13)$$

în care a_1, $b_1 > 0$, deoarece $0 < \varphi_1 < 90°$.

Ținînd apoi seama de (11) și (12) se obține

$$\underline{Z} = a + j\,b = \pm a_1 \pm j\,b_1.$$

Procedeul de lucru pentru transformarea (13) este următorul:

a) **Dacă $5°44' < \varphi_1 < 84°16'$** se așază începutul sau sfîrșitul* scării Tg în dreptul diviziunii corespunzătoare lui Z, reperată pe scara A a riglei. Pentru efectuarea înmulțirii

$$Z\sin\varphi_1 = b_1$$

se deplasează cursorul, făcînd să coincidă firul reticular cu unghiul φ_1 reperat pe scara Sin și rezultatul b_1 se citește în dreptul firului reticular pe scara A.

Pentru determinarea lui $a_1 = Z\cos\varphi_1$ se procedează la fel ca mai sus, aducînd însă cursorul în dreptul unghiului $90° - \varphi_1$, deoarece

$$a_1 = Z\cos\varphi_1 = Z\sin(90° - \varphi_1)$$

b) **Dacă $34'44'' < \varphi_1 < 5°44'$** se poate considera

$$\cos\varphi_1 \simeq 1$$

și rezultă $a_1 \simeq Z$, iar b_1 se calculează ca în cazul (a) de mai sus, folosind în locul scării Sin, scara S & T. Determinarea ordinului de mărime al lui b_1 se face ținînd seama că

$$10^{-2} < \sin\varphi_1 = {}^{b_1}/_{Z} < 10^{-1}$$

c) **Dacă $84°16' < \varphi_1 < 89°25'16''$** (limitele complimentare cazului b) se consideră

$$\sin\varphi_1 \simeq 1$$

și $b_1 \simeq Z$, iar a_1 se determină ca în cazul b, folosind scara S & T și unghiul complimentar $90° - \varphi_1$

Ordinul de mărime al lui a_1 rezultă din

$$10 < \cos\varphi_1 = \frac{A_1}{Z} < 10^2$$

d) **Dacă $0 < \varphi_1 < 34'44''$** se lucrează cu rigleta în poziție normală, cu ajutorul scărilor A și A' și a reprelor ρ' și ρ'' de pe rigletă, executînd operațiile inverse celor expuse la transformarea în forma exponențială, punctul d).

În acest caz $a_1 \simeq Z$, iar pentru aflarea lui b_1 se transformă φ_1 în secunde sau minute (cu

* Aducerea începutului sau sfîrșitului scării Tg în dreptul lui Z este determinată de condiția ca după operația următoare (deplasarea cursorului), reticulul să se găsească în intervalul gradat al scării A, pentru a permite citirea lui b_1.

fracțiuni zecimale de minut în loc de secunde), după care:

— se deplasează rigleta, făcînd să coincidă diviziunea corespunzătoare lui $[\varphi_1]'$ sau $[\varphi_1]''$ de pe scara A cu reperul ρ' (pentru $[\varphi_1]'$ sau ρ'' (pentru $[\varphi_1]''$) de pe scara A' a rigletei;

— se deplasează apoi cursorul cu firul reticular în dreptul diviziunii corespunzătoare lui Z pe scara A' și se citește b_1 în dreptul firului reticular pe scara A.

Ordinul de mărime al lui b_1 rezultă din:

$$[\varphi_1]^{\text{rad}} \simeq {}^{b_1}/_{a_1} \simeq {}^{b_1}/_{Z}$$

$$b_1 \simeq Z[\varphi_1]^{\text{rad}} = \frac{Z}{3{,}438}[\varphi_1]' \, 10^{-3} =$$

$$= \frac{Z}{2{,}063}[\varphi_1]'' \, 10^{-5}$$

e) **Dacă** $89°25'16'' < \varphi_1 < 90°$ (limitele complimentare cazului d), atunci $b_1 \simeq Z$, iar a_1 se determină în același mod ca b_1 în cazul precedent luîndu-se însă în considerație unghiul complimentar $90° - \varphi_1$.

Pentru verificarea însușirii metodei, se dau mai jos cîteva exemple, care pot fi folosite pentru transformare cu rigla în ambele sensuri:

1) $\underline{Z} = 38{,}3 + \mathrm{j}\,32{,}18 = 50\ \mathrm{e}^{\mathrm{j}40°}$;

2) $\underline{Z} = 3{,}18 + \mathrm{j}\,0{,}98 = 3{,}33\ \mathrm{e}^{\mathrm{j}17°08'}$;

3) $\underline{Z} = 31 + \mathrm{j}\,115{,}5 = 120\ \mathrm{e}^{\mathrm{j}75°}$;

4) $\underline{Z} = 10{,}4 + \mathrm{j}\,18 = 20{,}8\ \mathrm{e}^{\mathrm{j}60°}$;

5) $\underline{Z} = 258 + \mathrm{j}\,7{,}5 \simeq 258\ \mathrm{e}^{\mathrm{j}1°40'}$;

6) $\underline{Z} = 0{,}2 + \mathrm{j}\,8 \simeq 8\ \mathrm{e}^{\mathrm{j}88°34'}$;

7) $\underline{Z} = 5 + \mathrm{j}\,0{,}02 \simeq 5\ \mathrm{e}^{\mathrm{j}13{,}75'} = 5\mathrm{e}^{\mathrm{j}13'45''}$;

8) $\underline{Z} = 61{,}5 + \mathrm{j}\,0{,}4 \simeq 61{,}5\mathrm{e}^{\mathrm{j}1340''} = 61{,}5\mathrm{e}^{\mathrm{j}22'20''}$;

9) $\underline{Z} = 0{,}5 + \mathrm{j}\,710 \simeq 710\ \mathrm{e}^{\mathrm{j}89°57'25''}$;

10) $\underline{Z} = -63{,}4 - \mathrm{j}\ 44 = 77{,}2\ \mathrm{e}^{-\mathrm{j}145°15'}$.

Este necesar să se mai precizeze că la unele categorii de rigle (rigla „Castell" și altele) scara Sin nu mai este în corespondență cu scara A, ci cu scara patratelor de pe partea superioară a riglei, scara S & T nu mai există, funcția ei fiind preluată de prima jumătate a scării Sin, iar pe mijlocul rigletei se gradează o altă scară.

La acest tip de rigle transformările pentru $5°44' < \varphi < 84°16'$ necesită o deplasare în plus a cursorului, deci rezultatele sînt afectate de o eroare mai mare și timpul de efectuare a operațiilor se mărește.

2. Calculul funcțiilor exponențiale și hiperbolice de exponent și respectiv argument complex

În problemele de transportul energiei electrice pe linii lungi intervin în calcule funcțiile exponențiale $\mathrm{e}^{\underline{\gamma}}$, ori $\mathrm{e}^{-\underline{\gamma}}$ și funcțiile hiperbolice $\mathrm{sh}\,\underline{\gamma}$, ori $\mathrm{ch}\,\underline{\gamma}$, în care $\underline{\gamma}$ este un număr complex.

a) **Calculul lui** $\mathrm{e}^{\underline{\gamma}}$. Se pune numărul complex $\underline{\gamma}$ sub formă algebrică

$$\underline{\gamma} = \alpha + \mathrm{j}\,\beta$$

și rezultă:

$$\mathrm{e}^{\underline{\gamma}} = \mathrm{e}^{\alpha+\mathrm{j}\beta} = \mathrm{e}^{\alpha} \cdot \mathrm{e}^{\mathrm{j}\beta} = \mathrm{e}^{\alpha}(\cos\beta + \mathrm{j}\sin\beta) =$$

$$= a_1 + \mathrm{j}b_1.$$

Mărimea

$$y = \mathrm{e}^{\alpha},$$

referindu-ne la rigla romînească și cea sovietică*, care nu au scară exponențială, se determină folosind relația:

$$\log y = \log(\mathrm{e}^{\alpha}) = \alpha \log \mathrm{e} = \alpha \frac{\ln \mathrm{e}}{\ln 10} \cong 0{,}4343\ \alpha.$$

Se face produsul

$$x = 0{,}4343\ \alpha,$$

după care se determină y, cunoscînd pe $x = \log y$, după metoda știută a legăturii între scările A și log.

După calcularea lui $y = \mathrm{e}^{\alpha}$, pentru aflarea lui $\mathrm{e}^{\underline{\gamma}}$, se fac pe riglă operațiile

$$y \cdot \mathrm{e}^{\mathrm{j}\beta} = a_1 + \mathrm{j}\,b_1$$

după indicațiile din 1—B.

b) **Calculul lui** $\mathrm{e}^{-\underline{\gamma}}$ comportă determinarea prealabilă pe riglă a lui $\mathrm{e}^{-\alpha}$:

$$\mathrm{e}^{-\underline{\gamma}} = \mathrm{e}^{-(\alpha+\mathrm{j}\beta)} = \mathrm{e}^{-\alpha} \cdot \mathrm{e}^{-\mathrm{j}\beta} = \mathrm{e}^{-\alpha}(\cos\beta -$$

$$- \mathrm{j}\sin\beta) = a_2 - \mathrm{j}\,b_2$$

Pentru $\mathrm{e}^{-\alpha}$ se calculează întîi $y = \mathrm{e}^{\alpha}$ ca mai sus, apoi se determină valoarea reciprocă $u = 1/y = \mathrm{e}^{-\alpha}$ (cu folosirea scării inverse R).

c) **Calculul funcțiilor hiperbolice** $\mathrm{sh}\,\underline{\gamma}$ și $\mathrm{ch}\,\underline{\gamma}$ rezultă din:

$$\mathrm{sh}\,\underline{\gamma} = \frac{\mathrm{e}^{\underline{\gamma}} - \mathrm{e}^{-\underline{\gamma}}}{2} \text{ și } \mathrm{ch}\,\underline{\gamma} = \frac{\mathrm{e}^{\underline{\gamma}} + \mathrm{e}^{-\underline{\gamma}}}{2}.$$

Se calculează întîi $\mathrm{e}^{\underline{\gamma}}$ și $\mathrm{e}^{-\underline{\gamma}}$, după care se obține:

$$\mathrm{sh}\,\underline{\gamma} = \frac{\mathrm{e}^{\underline{\gamma}} - \mathrm{e}^{-\underline{\gamma}}}{2} = \frac{(a_1 + \mathrm{j}b_1) - (a_2 - \mathrm{j}b_2)}{2} =$$

$$= \frac{a_1 - a_2}{2} + \mathrm{j}\frac{b_1 + b_2}{2} = a_3 + \mathrm{j}\,b_3 = S\mathrm{e}^{\mathrm{j}\varphi_3},$$

$$\mathrm{ch}\,\underline{\gamma} = \frac{\mathrm{e}^{\underline{\gamma}} + \mathrm{e}^{-\underline{\gamma}}}{2} = \frac{(a_1 + \mathrm{j}\,b_1) + (a_2 - \mathrm{j}\,b_2)}{2} =$$

$$= \frac{a_1 + a_2}{2} + \mathrm{j}\frac{b_1 - b_2}{2} = a_4 + \mathrm{j}\,b_4 = C\mathrm{e}^{\mathrm{j}\varphi_4},$$

* La riglele care au scară exponențială (de exemplu rigla „Castell"), calculul lui e^{α} se face direct, prin corespondența care există între scara A și scara exponențială.

modulele $S = \sqrt{a_3^2 + b_3^2}$, $C = \sqrt{a_4^2 + b_4^2}$ și argumentele $\varphi_3 = \text{arctg } {}^{b_3}/_{a_3}$, $\varphi_4 = \text{arctg } {}^{b_4}/_{a_4}$ determinîndu-se pe riglă după indicațiile de la 1—A.

Exemplu: $\alpha = 0{,}248$ rad. și $\beta = 0{,}316$ rad. Se calculează în prealabil:

$$\beta = 0{,}316 \text{ rad} = 0{,}316 \frac{180^\circ}{\pi} = 18{,}1^\circ = 18^\circ 06';$$

$$\log y = 0{,}4343\ \alpha = 0{,}4343 \cdot 0{,}248 = 0{,}1078;$$

$$y = e^\alpha \simeq 1{,}2815; \qquad u = \frac{1}{y} = e^{-\alpha} \simeq 0{,}779.$$

Să se observe că așezînd firul reticular al cursorului pe diviziunea 1,078 a scării log, se citește simultan $e^\alpha = 1{,}2815$ pe scara A și $e^{-\alpha} = 0{,}779$ pe scara R

$$e^{\underline{\gamma}} = e^{\alpha} \cdot e^{j\beta} = 1{,}2815\ e^{j18^\circ 06'} = 1{,}215 + j\ 0{,}398;$$

$$e^{-\underline{\gamma}} = e^{-\alpha} \cdot e^{-j\beta} = 0{,}779\ e^{-j18^\circ 06'} = 0{,}740 - j0{,}242$$

Rezultă:

$$\text{sh } \underline{\gamma} = \frac{e^{\underline{\gamma}} - e^{-\underline{\gamma}}}{2} = \frac{1{,}215 - 0{,}740}{2} + j\frac{0{,}398 + 0{,}242}{2} =$$

$$= 0{,}2375 + j\ 0{,}32 \simeq 0{,}399\ e^{j53^\circ 28'};$$

$$\text{ch } \underline{\gamma} = \frac{e^{\underline{\gamma}} + e^{-\underline{\gamma}}}{2} = \frac{1{,}215 + 0{,}740}{2} + j\frac{0{,}398 - 0{,}242}{2} =$$

$$= 0{,}9775 + j\ 0{,}078 \simeq 0{,}9775\ e^{j4^\circ 34'}.$$

3. Calculul rezistenței unui conductor din cupru cu secțiune circulară

Formula de calculare a rezistenței la temperatura de 15°C a unui conductor de cupru, de lungime l (măsurată în m), cu secțiunea transversală circulară s (măsurată în mm²) și de diametru d (măsurat în mm) este:

$$R = \rho \frac{l}{s} \simeq \frac{1}{\frac{58\ \pi}{4}} \cdot \frac{l}{d^2} = k \frac{l}{d^2}\ \Omega,$$

unde $\rho = 1/58\ \Omega\ \text{mm}^2/\text{m}$ este rezistivitatea cuprului, iar $k = 4/(58\pi) = 0{,}02195$.

Pentru calcularea rapidă pe riglă a rezistenței R este necesar să se traseze un reper suplimentar *Cu*, pe scara B în dreptul diviziunii 2,195* (fig. 1, *a*). Se procedează apoi astfel: se aduc față în față cu ajutorul cursorului diviziunile l de pe scara B' și d de pe scara A, iar rezultatul se citește pe scara B' în dreptul reperului *Cu*.

* Pe riglele speciale „electro" se trasează reperul *Cu* pe scara A, în dreptul diviziunii $1{,}481 \simeq 10\sqrt{0{,}02195}$, care corespunde cu valoarea 2,195 de pe scara B ($1{,}481^2 = 2{,}195$).

Pentru stabilirea ordinului de mărime, se va observa că un conductor cu dimeniunile $l_0 = 100$ m și $d_0 = 1$ mm, are rezistența

$$R_0 = k \frac{l_0}{d_0^2} \simeq 2{,}195\ \Omega.$$

Aceasta va permite ca pentru un conductor cu dimensiunile

$$l = \alpha l_0 \quad \text{și} \quad d = \beta d_0,$$

rezistența R să fie pusă sub forma:

$$R = k \frac{\alpha l_0}{\beta^2 d_0^2} = R_0 \frac{\alpha}{\beta^2} \simeq 2{,}195 \frac{\alpha}{\beta^2}\ \Omega,$$

de unde ordinul de mărime pentru R se poate determina ușor.

Exemple: a) $l = 31{,}4$ m, $d = 2$ mm, $R = 0{,}172\ \Omega$; b) $l = 228$ m, $d = 2{,}762$ mm, $R = 0{,}655\ \Omega$; c) $l = 1$ km, $d = 3{,}57$ mm, $R = 1{,}72\ \Omega$.

4. Calculul căderii de tensiune pe un conductor cilindric din cupru sau aluminiu

Pentru calculul căderii de tensiune:

$$\Delta U = \rho \frac{Il}{s} = \frac{Il}{\gamma s}$$

cu riglele obișnuite*, se procedează în felul următor:

a) Se marchează cu tuș sau cu un vîrf ascuțit un reper Δ în dreptul diviziunii 5,8 de pe scara superioară B' a rigletei** (fig. 4).

b) Se reperează cu reticulul diviziunea B_I corespunzătoare curentului I pe scara superioară B a riglei și se aduce rigleta cu reperul Δ în dreptul reticulului.

c) Se deplasează cursorul cu reticulul în dreptul diviziunii B_l' a scării B', corespunzătoare lungimii l a conductorului.

d) Se deplasează rigleta cu diviziunea B_s corespunzătoare secțiunii s a conductorului în

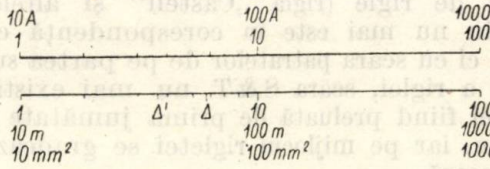


Fig. 4. Scările de pe rigla de calcul utilizate pentru determinarea rapidă a căderilor de tensiune în conductoare cilindrice.

dreptul reticulului și se citește căderea de tensiune ΔU pe scara B a riglei în dreptul începutului B_1' (sau sfîrșitului B_{100}') al rigletei.

* Riglele speciale pentru electricieni au trasată o scară specială pe care se citește căderea de tensiune cu ajutorul unui index special, aflat la capătul rigletei.

** Diviziunea 5,8 corespunde conductivității 58 Sm/mm² a cuprului. La nevoie se poate trasa un alt reper Δ' pentru aluminiu la diviziunea 3,6 și se folosește la fel ca reperul Δ.

Operațiile expuse (*b*, *c* și *d*) corespund relației

$$\Delta U = \frac{II}{58s},$$

efectuate în ordinea:

$$[(I \underset{(b)}{:} 58) \underset{(c)}{\times} l] \underset{(d)}{:} s$$

Rezultatele citite pe riglă dau direct valorile în volți pentru următoarele limite ale mărimilor I, l și s:

$10\ A \leqslant I \leqslant 1\,000$ A; 10 m $\leqslant l \leqslant 1\,000$ m și 10 mm$^2 \leqslant s \leqslant 1\,000$ mm^2, care se vor aranja corespunzător pe scările respective, după cum se indică în fig. 4.

Dacă vreuna din mărimile I, l sau s nu se încadrează între limitele menționate, ea se exprimă sub forma:

$$I' = 10^{\alpha} I_0, \qquad l' = 10^{\beta} l_0, \qquad s' = 10^{\gamma} s_0,$$

unde I_0, l_0 și s_0 înseamnă valori cuprinse între limitele arătate, iar α, β și γ sînt exponenți întregi, pozitivi, nuli sau negativi (după caz). Scările se modifică și ele corespunzător, ceea ce va face ca rezultatul citit, pentru a fi în volți, să fie și el înmulțit cu coeficientul 10^n, unde:

$$n = \alpha + \beta - \gamma$$

Exemple:

a) $I = 30$ A, $l = 120$ m și $s = 50$ mm^2. Valorile se încadrează între limitele menționate, deci rezultatul se citește direct pe riglă: $\Delta U = 1{,}24$ V.

b) $I = 5$ A, $l = 12\,000$ m și $s = 80$ mm^2. Se pune: $I = 10^{-1} \cdot 50$ A (deci $\alpha = -1$); $l = 10^2 \cdot 120$ m (deci $\beta = 2$), iar $\gamma = 0$ (s se încadrează între limitele prezentate). Rezultă $n = \alpha + \beta - \gamma = 1$. Pe riglă se citește 1,29, deci: $\Delta U = 10 \cdot 1{,}29 = 12{,}9$ V.

c) $I = 40$ A, $l = 6$ m și $s = 20$ mm^2. Analog: $\alpha = 0$, $\beta = -1$, $\gamma = 0$, $n = -1$. Rezultă $\Delta U = 10^{-1} \cdot 2{,}07 = 0{,}207$ V.

Bibliografie

[1] *Crug A.C.*: Bazele electrotehnicii (traducere din limba rusă), vol. II, București, Ed. Energetică de Stat, 1953, p. 67.

[2] *Pigal H.*: Metodă practică pentru mînuirea riglei de calcul tip Mannheim (traducere din limba franceză), București, Litografia și Tipografia Învățămîntului, 1957.

[3] Dr. ing. *Meyer zur Cappelen*: Instrumentelle Mathematik für den Ingenieur, Essen, Verlag W. Girardet, 1952.

Intrat în redacție la 9 aprilie 1960.

Note

Magnetizarea transversală și aplicarea ei la transformatoare de curent

CZ 621.314.224.3 : 538.244

Magnetizarea transversală completă a miezurilor feromagnetice

Magnetizarea transversală este o magnetizare perpendiculară pe direcția magnetizării de bază, considerată longitudinală. Cîmpurile magnetice au loc într-un miez feromagnetic comun, fiind produse de curenți din înfășurări separate, „perpendiculare", între care deci nu există inductivitate mutuală. Totuși, aceste circuite nu sînt independente din cauza miezului comun, a cărui permeabilitate depinde de cîmpul magnetic rezultant. În lucrare, mărimile „longitudinale" vor purta indicele L, cele „trasversale" indicele T, iar înfășurările necuplate prin fenomenul inducției vor fi reprezentate perpendicular (fig. 1).

Dacă întregul miez feromagnetic este magnetizat transversal, magnetizarea transversală se numește completă.

Într-o lucrare anterioară [1], am arătat că diverși autori au realizat o magnetizare transversală incompletă și am propus realizarea magnetizării transversale complete cu un miez toroidal gol (fig. 2), canalul interior fiind parcurs de curentul transversal. În prima fază s-a realizat un model de încercare din tole (fig. 3) pentru a permite magnetizarea în curent alternativ. Construcția din figura 3 a fost preferată, din cauza ușurinței de realizare, față de alte construcții posibile, realizate tot din tablă de transformator. Curenții turbionari transversali nu sînt însă suprimați la această construcție în partea P a miezului, iar reluctanța circuitului magnetic transversal este mare, din cauza întrefierului între tole. Folosirea unui miez din straturi depuse electrolitic, conform figurii 4, ar fi eliminat aceste lipsuri, dar ideea a fost abandonată din cauza dificultății obținerii prin electroliză a unor straturi subțiri de fier, izolate între ele.

Modul de realizare a magnetizării transversale complete, indicat în figura 2, este atît de simplu încît trebuie presupus că, deși acesta nu este indicat în bibliografia sau în referirile

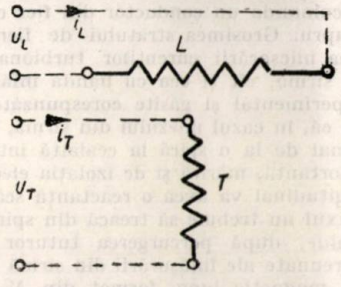


Fig. 1. Reprezentarea convențională a magnetizării transversale.

bibliografice cunoscute de autor, totuși el trebuia să fi apărut pe alocuri în literatura tehnică. De fapt, după prezentarea lucrării [1] am cunoscut lucrarea lui Frei și Treves [2], în care se relatează despre un miez ca cel din figura 2, realizat din ferită, folosit în scopuri de măsură, în regim de amplificator, înfășurarea transversală (interioară) fiind parcursă

de curent alternativ. Regimul de funcţionare ca amplificator magnetic a miezurilor cu magnetizare transversală va fi prezentat mai jos. Folosirea feritei pentru realizarea miezului feromagnetic prezintă însă dezavantajul că permeabilitatea globală a miezului este relativ mică. De aceea, acest mod de

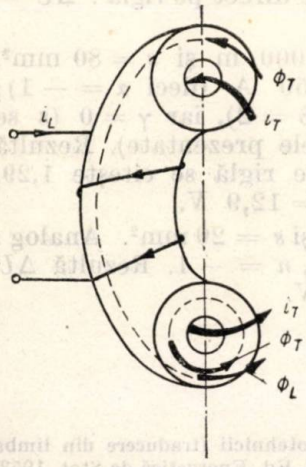


Fig. 2. Model de încercare din tablă de transformator.

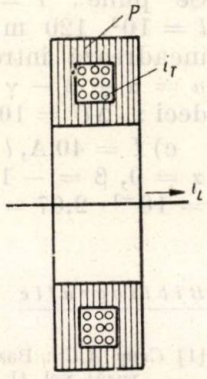


Fig. 3. Principiul realizării magnetizării transversale complete.

realizare a magnetizării transversale nu a mai fost reprodus constructiv.

Soluţia simplă a magnetizării transversale complete, cu suprimarea curenţilor turbionari intenşi, ca şi a porţiunilor de întrefier, atît longitudinal cît şi transversal, constă în realizarea miezului de fier prin înfăşurare din sîrmă de fier sau bandă din tablă de transformator. Miezurile transformatoarelor de curent se confecţionează de mult în acest fel, din tablă înfăşurată, ştiind că întrefierul echivalent de trecere dintr-o spiră în cealaltă a miezului este neglijabil, chiar dacă permeabilitatea este ridicată. Magnetizarea transversală se obţine trecînd curentul transversal prin spirele din sîrmă sau tablă de fier, liniile de cîmp ale fluxului transversal fiind cuprinse în întregime în secţiunea circulară sau dreptunghiulară a acestuia. Spirele din fier, conducînd curentul transversal, trebuie izolate între ele electric. Pretenţiile faţă de această izolaţie sînt reduse şi, de aceea, miezul se realizează simplu, fără cheltuieli suplimentare apreciabile, iar coeficientul de umplere rămîne ridicat. Rezistenţa electrică a bobinei transversale formată din fier este însă relativ mare. Atunci cînd acest fapt prezintă interes, se propune ca spirele să nu fie numai din fier, ci să fie bimetalice, adică să cuprindă şi o parte conducătoare. Astfel, în locul sîrmei de fier se recomandă un conductor din fier cu o parte centrală din cupru. Grosimea stratului de fier este limitată de necesitatea micşorării curenţilor turbionari. Atît soluţia cu miez din sîrmă, cît şi cea cu bandă înfăşurată, au fost încercate experimental şi găsite corespunzătoare.

S-ar părea că, în cazul miezului din sîrmă, trecerea fluxului longitudinal de la o spiră la cealaltă întîmpinînd o reluctanţă importantă, mărită şi de izolaţia electrică a sîrmei, circuitul longitudinal va avea o reactanţă scăzută. În realitate însă, fluxul nu trebuie să treacă din spiră în spiră, putîndu-se închide, după parcurgerea tuturor spirelor, prin capetele împreunate ale înfăşurării din sîrmă de fier. Pentru acest circuit magnetic lung, format din N_T spire de fier, tensiunea magnetomotoare creşte de asemenea de N_T ori. Situaţia este analogă cu aceea a tensiunii induse şi a curentului într-o bobină avînd spirele izolate: aici sîntem obişnuiţi de a calcula curentul considerînd tensiunea indusă în toate spirele şi rezistenţa totală a circuitului electric şi nu ne gîndim să considerăm necesitatea trecerii curentului de la spiră la spiră, divizînd astfel bobina în spire separate. De fapt însă, analogia este corectă dacă se ţine seamă de faptul că „izolaţia" magnetică între spire este imperfectă, poate chiar în aşa măsură încît împreunarea capetelor înfăşurării din sîrmă de fier să nu prezinte importanţă, existînd treceri mari de flux între spire sau grupe de spire apropiate în spaţiu şi avînd potenţiale magnetice mult diferite. Astfel, reluctanţa totală a circuitului din fier cu N_T spire, ale căror capete nu pot fi scurtcircuitate magnetic prin faptul că ele formează bornele circuitului electric transversal, se menţine practic la valoarea minimă corespunzătoare lipsei oricărui întrefier. Influenţa scurgerilor de flux, proporţionale cu diferenţa de potenţial magnetică locală, a fost urmărită analitic pe baza unor ecuaţii diferenţiale analoge cu cele ale telegrafiştilor pentru circuite electrice, corespunzînd unor cazuri particulare simplificate, de realizare a înfăşurării din fier. Reluctanţa echivalentă pentru scurgerea de flux rezultă foarte mică, astfel încît scurtcircuitarea magnetică a bobinei din fier nu prezintă importanţă. Acest fapt s-a confirmat şi experimental, măsurînd reactanţa circuitului longitudinal, care a avut aceeaşi valoare (mare) indiferent de poziţia capetelor bobinei de fier. Nu redăm aici calculul analitic menţionat, deoarece acesta nu prezintă interes teoretic din cauza analogiei amintite, iar rezultatele calculului prezintă interes practic numai cu caracter calitativ, potrivit cu rezultatul încercării de mai sus.

Pentru ca permeabilitatea miezului de fier să fie influenţată în mod preponderent de cîmpul transversal, acesta se alege mult mai mare decît cel longitudinal. Dacă raportul lor este de exemplu 10 : 1, atunci cîmpul rezultant care se obţine prin adunarea geometrică a cîmpurilor componente este doar cu 0,5% mai mare decît cel transversal. Prin urmare, permeabilitatea μ se poate considera o funcţie numai de B_T. De fapt, fenomenele în fier sînt foarte complicate din cauza histerezisului complex, corespunzător unui cîmp cu orientare variabilă. De aceea, se pot face numai afirmaţii imediate, aproximative, calitative, care trebuie verificate experimental. Astfel, s-au stabilit cu uşurinţă şi s-au verificat experimental următoarele fenomene simple:

1. Considerăm curba de magnetizare (fig. 5) în curent alternativ pentru circuitul L din figura 1. Presupunem că H_L este mic (porţiunea α). Se ştie că o magnetizare suplimentară obişnuită cu curent continuu, deşi modifică punctul de funcţionare pe curbă, totuşi nu măreşte permeabilitatea (numită reversibilă) peste valoarea iniţială μ_α. Acest lucru se constată şi la magnetizarea transversală cu curent continuu, unde în porţiunea β permeabilitatea nu creşte, dar la saturaţie (porţiunea γ) permeabilitatea scade sub μ_α. La magnetizare transversală cu curent alternativ, întocmai ca la o magnetizare suplimentară longitudinală cu curent alternativ, permeabilitatea poate creşte aproape pînă la valoarea μ_β. Prin urmare, eliminarea permeabilităţii iniţiale mici μ_α se poate realiza prin magnetizare transversală cu curent alternativ. În acest fel curbura inferioară a curbei de

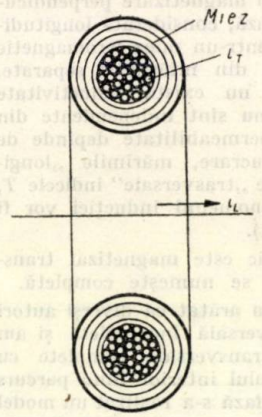


Fig. 4. Miez format din straturi de fier electrolitic.

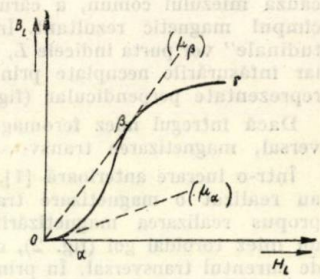


Fig. 5. Curba de magnetizare longitudinală.

magnetizare se elimină. Aplicînd metoda la transformatoare de curent, rezultă erori ale acestora mai mici şi aproape constante. Prin saturarea fierului cu magnetizare transversală, reactanţa longitudinală poate fi mult micşorată. În acest fel se obţine o bobină cu reactanţă variabilă.

2. Curentul alternativ de magnetizare transversală modifică valoarea permeabilității, corespunzător cu valoarea momentană a curentului. Astfel, de două ori într-o perioadă, la trecerea curentului prin zero, permeabilitatea are valoarea mică μ_α și tot de două ori, în intervale intermediare, valori mai mari apropiate de μ_β, dacă fierul nu se saturează. Permeabilitatea variază deci periodic, cu frecvență dublă. În circuitul longitudinal presupunem că H_L este mic, deci în lipsa magnetizării transversale permeabilitatea ar avea valoarea mică μ_α. Magnetizarea transversală mărește însă permeabilitatea în fiecare semiperioadă pentru un interval de timp care poate fi în dreptul oricărei valori a curentului longitudinal, în funcție de faza ψ între i_L și i_T. Dacă $\psi = 0$, adică i_L și i_T sînt în fază, permeabilitatea crește în dreptul valorii de amplitudine a lui i_L și deci are efect maxim; dacă $\psi = 90°$, permeabilitatea crește la trecerea lui i_L prin zero și prin urmare are un efect relativ mic. În concluzie, mărirea permeabilității globale (mijlocii) a circuitului longitudinal depinde de faza ψ dintre curentul longitudinal și cel transversal, fiind maxim la $\psi = 0$ și minim la $\psi = 90°$. Între aceste valori variația lui μ cu ψ este continuă, aproximativ sinusoidală.

3. Dacă înfășurarea T (fig. 1) este parcursă de curent alternativ în L nu se induce tensiune. Poate doar în cazul cînd L este închis peste o capacitate potrivită, să apară oscilații parametrice în acest circuit cu inductivitate variabilă. Dacă însă, cu ajutorul unei înfășurări longitudinale suplimentare L_c, parcurse de curent continuu, se realizează un flux longitudinal, atunci prin modificarea permeabilității cu un curent alternativ transversal mare, fluxul se modulează cu frecvență dublă și în înfășurările longitudinale apare tensiune indusă. Posibilitatea folosirii acestui regim pentru scopuri de amplificare va fi prezentată în cele ce urmează.

Eliminarea cuplajului longitudinal

La efectuarea încercărilor cu dispozitivul avînd un miez din sîrmă sau din bandă, s-a constatat că între înfășurările L și T se menține un cuplaj inductiv longitudinal, corespunzător schemei din figura 6. Astfel, în cazul cînd curentul transversal este alternativ, la bornele în gol ale înfășurării longitudinale apare o tensiune indusă. Fenomenul invers se detectează greu, în circuitul transversal figurînd numai jumătate de spiră. Tensiunea indusă în circuitul longitudinal are caracter perturbator și deci cuplajul parazitar indicat trebuie neapărat eliminat.

Experimental, efectul de jumătate de spiră, indicat în figura 6, se verifică prin montajul de compensare din figura 7. Printr-o spiră longitudinală suplimentară se trece curentul $i_T/2$. Acesta compensează efectul curentului i_T prin jumătatea

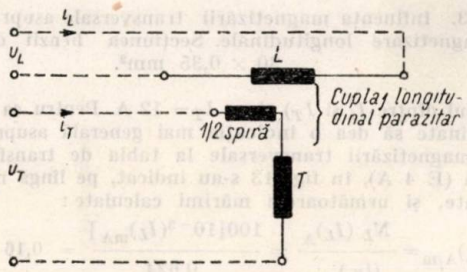


Fig. 6. Reprezentarea schematică a cuplajului longitudinal.

de spiră de cuplaj parazitar. Se constată acum că dispare tensiunea indusă în circuitul longitudinal, apărînd doar uneori, în mod excepțional, o tensiune indusă de frecvență dublă datorită unui flux remanent longitudinal. Această tensiune este însă neglijabilă ca mărime.

Compensarea indicată în figura 7 este incomodă pentru scopuri practice. Eliminarea cuplajului parazitar se poate însă efectua mai simplu, cunoscînd modul în care apare.

În figura 8 s-a reprezentat o secțiune prin miezul de fier, din sîrmă sau din tablă, parcurs de curentul transversal de la A la B. Curentul parcurge spirele pe rînd, în ordinea care depinde de modul de înfășurare. El apare practic ca și cum ar trece uniform repartizat de la A la B, ceea ce este echivalent cu trecerea curentului prin mijlocul secțiunii miezului după dreapta AB. Dacă circuitul se închide spre stînga (S), se formează bucla haşurată, care înlănțuie jumătate din secțiunea miezului, deci este echivalentă cu jumătate din spiră. Dacă circuitul se închide înspre dreapta (D),

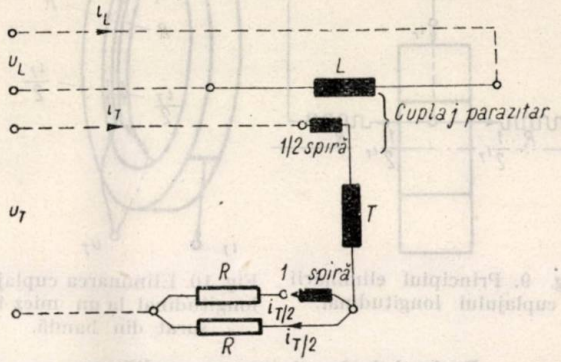


Fig. 7. Verificarea experimentală a efectului de jumătate de spiră.

după linia punctată, efectul este tot echivalent cu acela al unei jumătăți de spiră longitudinală, însă înfășurată în sens opus. Prin urmare, efectul de jumătate de spiră prezintă un sens sau altul, în funcție de sensul în care se leagă înfășurarea transversală la sursa de alimentare.

Din analiza făcută, rezultă modul de eliminare a cuplajului longitudinal indicat în figura 9. Din figură reiese că $i_T/2$, din circuitul din stînga sau din dreapta, înlănțuite fiecare în medie 1/4 din miezul de fier. Efectul este de cîte o optime de spiră parcursă de curentul transversal total, în sensuri diferite. Prin urmare, simetria realizată elimină cuplajul parazitar.

Rezistențele R sînt necesare pentru a reduce influența lungimii firelor de legătură asupra repartizării curentului transversal în părți egale. Pentru simplificare, ele s-au in-

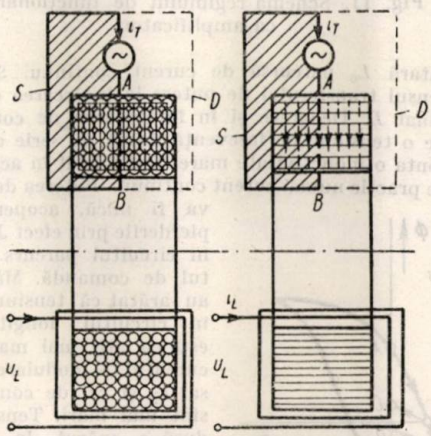


Fig. 8. Scheme explicative pentru efectul de jumătate de spiră.

trodus chiar în construcția miezului realizat din bandă, în modul indicat în figura 10. Subliniem că simetria construcției trebuie asigurată cu suficientă precizie; în caz contrar, în circuitul longitudinal apar tensiuni induse care modifică în mod nedorit fenomenele fundamentale. Simetria construcției se verifică măsurînd chiar aceste tensiuni induse. Punînd în serie cu rezistențele interioare R, rezistențe exterioare inegale, se strică repartizarea în părți egale a curentului

transversal şi apare o tensiune indusă în circuitul longitudinal, faţă de care instrumentul de măsură trebuie să prezinte o sensibilitate suficientă, pentru ca în poziţie de nul să fim siguri de simetria construcţiei.

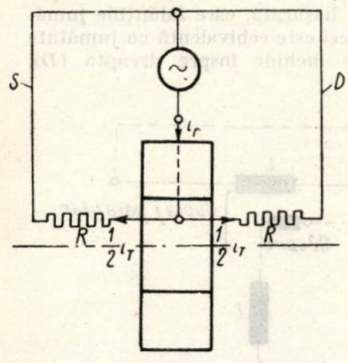


Fig. 9. Principiul eliminării cuplajului longitudinal.

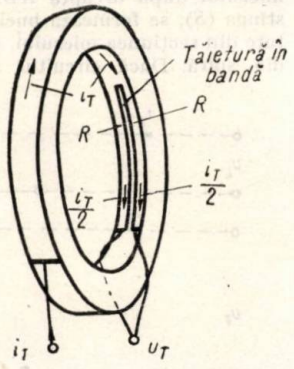


Fig. 10. Eliminarea cuplajului longitudinal la un miez înfăşurat din bandă.

Regimul de funcţionare ca amplificator

S-a arătat că, dacă înfăşurarea transversală T este parcursă de curent alternativ (fig. 11), în înfăşurarea longitudinală L se induce o tensiune cu frecvenţă dublă prin modularea unui flux longitudinal produs de o înfăşurare longitudinală

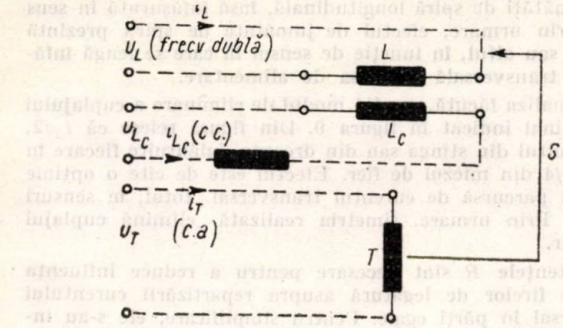


Fig. 11. Schema regimului de funcţionare ca amplificator.

suplimentară L_c parcursă de curent continuu. Săgeata S indică sensul transferului de putere la încărcarea circuitului longitudinal L. Deoarece şi în înfăşurarea de comandă L_c se induce o tensiune de frecvenţă dublă, în serie cu aceasta se va monta o inductivitate mare, astfel încît în acest circuit să circule practic numai curent continuu. Puterea de comandă va fi mică, acoperind doar pierderile prin efect Joule-Lenz în circuitul parcurs de curentul de comandă. Măsurătorile au arătat că tensiunea indusă în circuitul longitudinal L este cu atît mai mare, cu cît curentul de modulare transversal i_T şi cel de comandă i_{Lc} sînt mai mari. Tensiunea indusă a apărut la oscilograf ca pur sinusoidală.

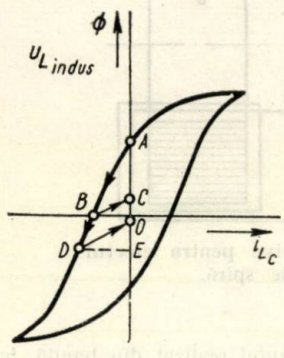


Fig. 12. Fenomene de histerezis la amplificatorul cu magnetizare transversală.

Amplificatorul-modulator cu magnetizare transversală prezintă avantajul că este realizat cu un singur miez de formă simplă. Dezavantajul constă în menţinerea unui flux remanent la anularea lui i_{Lc}, respectiv în necesitatea demagnetizării prin stabilirea unui curent de comandă negativ de intensitate potrivită. În figura 12, OA reprezintă fluxul remanent fără demagnetizare, OC — fluxul remanent după o demagnezitare incompletă cu curentul i_{Lc} indicat de segmentul OB. Fluxul remanent se elimină dacă demagnetizarea se face pînă în punctul D cu curentul dat de segmentul DE. Demagnetizarea se poate realiza cu, uşurinţă folosind un circuit longitudinal cu curent alternativ care se amortizează lent.

Rectificarea curbei de magnetizare prin mărirea permeabilităţii la înduqţii mici

În vederea folosrii în construcţia unui transformator de curent, s-a examinat comportarea la magnetizare transversală a unui miez ca cel din figura 10, după ce i s-a aplicat o înfăşurare longitudinală cu $N_L = 100$ spire (total 23 m) din cupru, cu diametrul de 1,75 mm, secţiunea:

$$S_L = \frac{\pi}{4} 1{,}75^2 = 2{,}4 \text{ mm}^2.$$

Rezistenţa înfăşurării a fost $R_L = 0{,}17\ \Omega$. Secţiunea netă a miezului de fier a fost $S_{Fe} = 16$ cm², lăţimea benzii fiind $l_b = 30$ mm, iar grosimea $d_b = 0{,}35$ mm. Lungimea medie a miezului de fier a fost $l_{Fe} = 624$ mm ($D_i = 132$ mm, $D_e = 265$ mm). Rezistenţa înfăşurării din fier a fost $R_T \cong 2{,}72\ \Omega$, iar reactanţa $X_T \cong 1{,}61\Omega$, determinate voltampermetric la $I_T = 5$ A. Incercările s-au efectuat cu curenţi sinusoidali. Măsurătorile s-au efectuat cu instrumente magnetoelectrice cu redresor. S-a determinat (fig. 13) tensiunea indusă U_{Lindus} în înfăşurarea longitudinală în funcţie de curentul de magnetizare longitudinal I_L, fără magnetizare transversală ($I_T = 0$), respectiv cu magnetizare transversală cu $I_T = 5$ A, la $\psi = 0°$ şi $\psi = 90°$ (ψ fiind

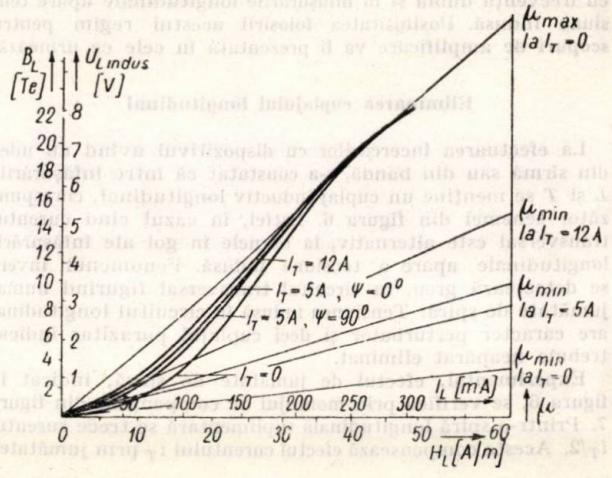


Fig. 13. Influenţa magnetizării transversale asupra curbei de magnetizare longitudinale. Secţiunea benzii de fier: $30 \times 0{,}35$ mm².

defazajul dintre I_L şi I_T) şi cu $I_T = 12$ A. Pentru ca valorile determinate să dea o indicaţie mai generală asupra influenţei magnetizării transversale la tabla de transformator folosită (E 4 A), în fig. 13 s-au indicat, pe lîngă mărimile măsurate, şi următoarele mărimi calculate:

$$(H_L)_{A/m} = \frac{N_L\,(I_L)_A}{(l_{Fe})_m} = \frac{100[10^{-3}(I_L)_{mA}]}{0{,}624} = 0{,}16\ (I_L)_{mA},$$

$$(B_L)_{Te} = \frac{(U_{L\,med})_V}{4f(S_{Fe})_{mm^2} N_L} = \frac{\sqrt{2}\,(U_{L\,indus})_V}{\omega\,(S_{Fe})_{mm^2} N_L} =$$

$$= 2{,}81 \cdot 10^{-2}\ (U_{L\,indus})_V.$$

În ultima expresie, inducţia maximă B_L s-a exprimat întîi în raport cu tensiunea medie măsurată $U_{L\,med}$, iar apoi aceasta s-a înlocuit prin valoarea efectivă $U_{L\,indus}$, indicată de instrumentul de măsură: $U_{L\,med} = U_{L\,indus} \frac{2\sqrt{2}}{\pi}$.

S-a constatat că, la $I_T = 5$ A, efectul magnetizării transversale depinde mult de faza curenţilor; dependenţa de fază se micşorează la $I_T = 12$ A. Curentul $I_T = 12$ A nu asigură

rectificarea completă a curbei de magnetizare; o mică îmbunătăţire suplimentară se poate obţine cu $I_T > 12$ A, însă atunci curentul transversal produce o puternică încălzire a miezului de fier. Puterea absorbită de circuitul transversal este la $I_T = 5$ A de $Z_T I_T^2 = 3{,}16 \cdot 5^2 = 79$ VA; încălzirea produsă de $R_T I_T^2 = 2{,}72 \cdot 5^2 = 68$ W ridică temperatura miezului cu circa 5°C. La $I_T = 10...12$ A, încălzirea miezului este încă admisibilă.

S-a urmărit oscilografic curba fluxului longitudinal şi a tensiunii longitudinale induse, în funcţie de timp, cum şi ciclurile longitudinale de histerezis, fără şi cu magnetizare transversală de intensităţi şi faze diferite. Curbele foarte neregulate, observate experimental, au indicat că fenomenele în fier sînt foarte complicate. Deoarece nu s-a reuşit să se analizeze aceste curbe, ele nu au mai fost reproduse aici.

Influenţa magnetizării transversale asupra erorilor transformatoarelor de curent

Evident, mărirea permeabilităţii prin magnetizare transversală, conform figurii 13, duce la micşorarea erorilor transformatoarelor de curent. Curentul de magnetizare transversală se poate obţine de la o sursă separată, de exemplu de la un transformator de tensiune sau de la un miez auxiliar saturat, magnetizat de curentul primar al transformatorului de curent. Faza corectă a curentului transversal se poate obţine eventual prin utilizarea miezului auxiliar de la o fază vecină.

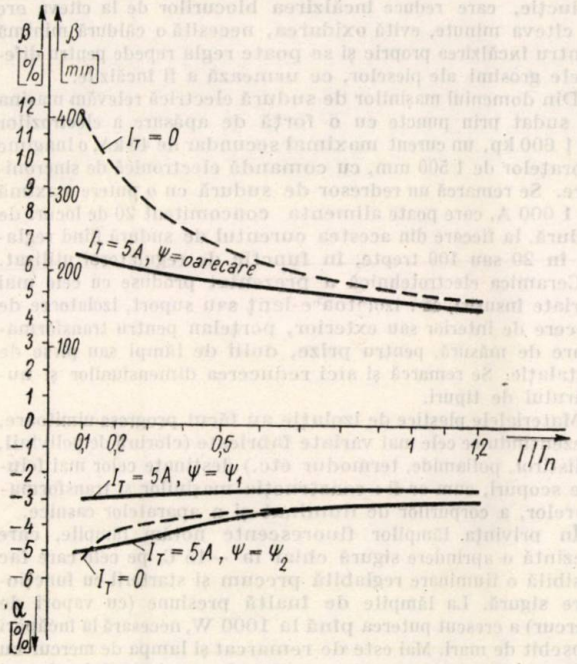


Fig. 14. Curbe de erori la sarcină pur ohmică.

S-a încercat experimental miezul de la punctul precedent, prevăzut şi cu o înfăşurare primară, pentru a putea funcţiona ca transformator de curent. S-a considerat ca amperspire nominale 250 A. Sarcina secundară a fost pur ohmică şi de valoare relativ mică (total circa 4 VA) pentru ca să rezulte inducţii mici. S-au obţinut curbele de erori din figura 14. Aici α reprezintă eroarea de transformare, β-eroarea de unghi. Curbele trasate plin corespund unui curent transversal de 5A; curbele punctate s-au obţinut fără magnetizare transversală.

Din figura 14 se constată că eroarea de unghi este mult micşorată prin magnetizare transversală, iar efectul acesteia la sarcină pur ohmică este independent de faza curentului transversal. Eroarea de transformare este influenţată într-un sens sau altul, în funcţie de defazajul ψ între I_L şi I_T. Efectelor extreme le corespund defazajele ψ_1 şi $\psi_2 (= \psi_1 \pm 90°)$. Ambele erori sînt aproape independente de curent şi, prin urmare, compensarea lor s-ar putea efectua relativ uşor (de exemplu, prin corecţie de spire pentru eroarea de transformare şi condensator de corecţie pentru eroarea de unghi).

Se ştie că erorile transformatoarelor de curent se pot obţine proiectînd curentul $I_0 (= I_L)$ pe o axă paralelă respectiv perpendiculară pe I_2 (redus), a cărui lungime corespunde pe diagramă unei erori de 100%. Din figura 15 rezultă că la sarcină pur ohmică, erorii de transformare α îi corespunde componenta de pierderi I_p a curentului I_0, iar erorii de unghi β îi corespunde componentade magnetizare I_μ. Prin urmare I_p şi I_μ variază cu I_T şi ψ ca şi α şi β (fig. 16), adică defazajul ψ nu influenţează curentul I_0 decît prin intermediul componentei de pierderi I_p, componenta de magnetizare I_μ rămînînd constantă. Trebuie subliniat faptul că curenţii consideraţi reprezintă armonica de bază a curentului real nesinusoidal, deoarece la măsurarea erorii folosind galvanometrul vibrator nu intervin armonicile superioare. Din această cauză măsurătorile din figurile 13 şi 14 nu prezintă concordanţă perfectă.

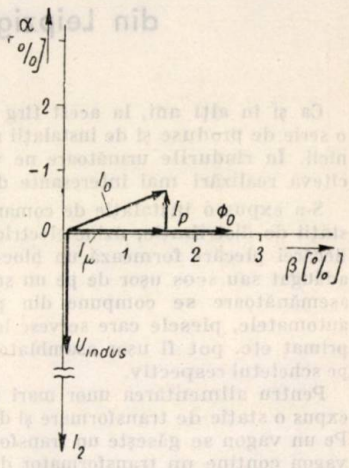


Fig. 15. Diagrama erorilor transformatorului de curent la sarcină pur ohmică.

Din figura 16 se vede că, dacă sarcina nu este pur ohmică, I_2 şi axele α, β se rotesc în sensul săgeţii. Deşi la $\psi = \psi_2$, I_p creşte la magnetizare transversală, totuşi, la sarcină inductivă (de exemplu, la factorul de putere normalizat egal cu 0,8), se micşorează şi eroarea de transformare, pe lîngă cea de unghi. Prin urmare, independent de faza magnetizării transversale, la sarcină inductivă ambele erori ale transformatorului de curent se micşorează.

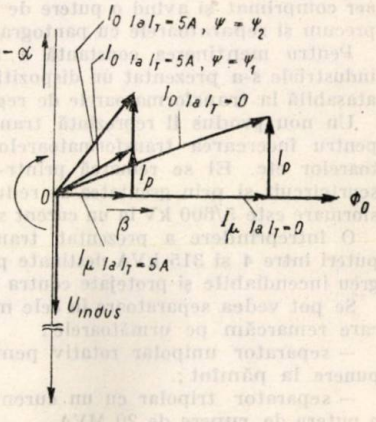


Fig. 16. Influenţa magnetizării transversale asupra locului geometric al lui I_0.

Faptul că defazajul ψ influenţează la I_T = const. numai componenta de pierderi I_p şi nu influenţează componenta de magnetizare I_μ, a rămas deocamdată neexplicat.

Conf. ing. **A. Semlyén** — Timişoara

Bibliografie

[1] *Semlyén A., Pop E.*: Magnetizarea transversală completă şi aplicarea ei la miezurile feromagnetice, Buletinul Ştiinţific şi Tehnic al Institutului Politehnic Timişoara, **3** (1958).

[2] *Frei H.E., Treves D.*: Electronic Current Meter with Clip-on Probe, Procedeeings of the National Electronics Conference, Chicago **12** (1956) 1—3.

Intrat în redacţie la 6 iulie 1959.

Cronică

Produse electrotehnice la tîrgul de mostre din Leipzig 1960

CZ 621.312 : 061.4 (Leipzig)

Ca şi în alţi ani, la acest tîrg de mostre s-a prezentat o serie de produse şi de instalaţii noi în domeniul electrotehnicii. În rîndurile următoare ne vom limita a descrie doar cîteva realizări mai interesante din R.D.G. :

S-a expus o instalaţie de comandă şi semnalizare (pentru staţii de distribuţie, uzine electrice etc.), la care aparatajul fiecărei plecări formează un bloc-tip separat, care poate fi adăugat sau scos uşor de pe un schelet de fier. O instalaţie asemănătoare se compune din piese prefabricate. Astfel, automatele, piesele care servesc la conducerea aerului comprimat etc. pot fi uşor asamblate într-o instalaţie montată pe scheletul respectiv.

Pentru alimentarea unor mari şantiere de construcţii s-a expus o staţie de transformare şi distribuţie mobilă (pe şine). Pe un vagon se găseşte un transformator de 30/6 kV, iar alt vagon conţine un transformator de 6/0,4 kV, inclusiv instalaţia de distribuţie. Staţia poate transmite puteri pînă la 20 MVA.

S-a remarcat acţionarea electrică a unei instalaţii rotative de tipărit multicolor, care conţin opt electromotoare a 28 kW cu excitaţia în derivaţie pentru acţionarea principală, opt motoare secundare pentru transportul hîrtiei şi 200 de electromotoare pentru acţionarea instalaţiilor accesorii. Reglajul se produce pe cale electronică cu ajutorul celulelor fotoelectrice.

Pentru compensarea puterii reactive s-a realizat pentru întîia oară o instalaţie standardizată de comandă, complet automatizată. Instalaţia este construită pentru comanda şi controlul a şapte grupe de condensatoare.

În privinţa aparatajelor de tensiuni foarte înalte menţionăm modelele de întreruptoare de 400 kV acţionate cu aer comprimat şi avînd o putere de rupere de 12 000 MVA, precum şi separatoarele cu pantograf de 2 000 A.

Pentru menţinerea constantă a tensiunii în instalaţiile industriale s-a prezentat un dispozitiv de reglaj al tensiunii ataşabilă la transformatoarele de reglaj în trepte.

Un nou produs îl reprezintă transformatorul de 600 kV pentru încercarea transformatoarelor, a aparatelor, izolatoarelor etc. El se remarcă printr-o tensiune minimă de scurtcircuit şi prin greutatea sa redusă. Raportul de transformare este 5/600 kV la un curent secundar de 1 A.

O întreprindere a prezentat transformatoare uscate cu puteri între 4 şi 315 kVA destinate pentru vapoare, ca fiind greu incendiabile şi protejate contra climei tropicale.

Se pot vedea separatoare în cele mai variate execuţii, din care remarcăm pe următoarele :

— separator unipolar rotativ pentru 110 kV/600 A, cu punere la pămînt ;

— separator tripolar cu un curent nominal de 400 A şi o putere de rupere de 20 MVA.

Se remarcă o locomotivă de abataj pentru 1 500 Vc.c., avînd o greutate de serviciu de 150 t şi o putere de 6×350 kW.

În domeniul maşinilor electrice s-au prezentat noutăţi interesante. Astfel, o întreprindere a realizat un generator de 460 kVA, 390 V, 500 rot/min, cu o tensiune absolut constantă, care urmează să alimenteze primul vapor de excursionişti din R.D.G. O atenţie specială merită apoi un grup de două motoare alimentate de convertizoare Ilgner şi destinate acţionării unui laminor-bloc. Pentru ca laminorul să fie uşor reversibil, motoarele au un moment de inerţie redus şi prezintă următoarele caracteristici : putere efectivă 1 000 kW, putere de deconectare 3 000 kW, turaţia 45—90 rot/min. Motoarele satisfac în special solicitările termice şi dinamice, datorite valorilor ridicate ale acceleraţiei şi frînării. Toate aceste maşini se caracterizează printr-o greutate mult redusă faţă de modelele anterioare.

Dintre aparatele de distribuţie şi protecţie, relevăm o distribuţie capsulată în fontă pentru 500 V, 630 A, care va fi generalizată în R.D.G., începînd cu anul 1960.

Ca instrumente de măsurat prezintă o deosebită sensibilitate instrumentele înregistratoare, care printr-o rază de lumină înregistrează direct, trasînd o linie neagră pe o hîrtie specială, al cărei avans poate fi reglat între 10—120 mm/h.

Sînt expuse apoi tot felul de instrumente stabile sau transportabile, cu una sau mai multe scări de măsură (de exemplu, un voltmetru cu 16 scări de măsură), cum şi cele mai diferite relee. Urmează elemente pentru ascensoare, întreruptoare de tot felul precum şi piesele necesare (izolatoare, cleme etc.) pentru linii de 380 kV sau pentru liniile de contact la electrovehicule.

Numărul de produse în domeniul cablurilor şi conductelor a fost redus de la 52 000 la 10 000, în care intră cele mai variate tipuri de cabluri energetice, de telecomunicaţii (pentru curenţi purtători etc.), de înaltă frecvenţă, de vapoare ş.a.m.d.

Este de remarcat apoi un cuptor electric de 150 kVA cu inducţie, care reduce încălzirea blocurilor de la cîteva ore la cîteva minute, evită oxidarea, necesită o căldură minimă pentru încălzirea proprie şi se poate regla repede pentru diferitele grosimi ale pieselor, ce urmează a fi încălzite.

Din domeniul maşinilor de sudură electrică relevăm maşina de sudat prin puncte cu o forţă de apăsare a electrozilor de 1 600 kp, un curent maximal secundar de 40 kA, o lungime a braţelor de 1 500 mm, cu comandă electronică de sincronizare. Se remarcă un redresor de sudură cu o putere maximă de 1 000 A, care poate alimenta concomitent 20 de locuri de sudură, la fiecare din acestea curentul de sudură fiind reglabil în 20 sau 100 trepte, în funcţie de regulatorul utilizat.

Ceramica electrotehnică a prezentat produse cu cele mai variate însuşiri, ca : izolatoare-lanţ sau suport, izolatoare de trecere de interior sau exterior, porţelan pentru transformatoare de măsură, pentru prize, dulii de lămpi sau piese de instalaţie. Se remarcă şi aici reducerea dimensiunilor şi numărului de tipuri.

Materialele plastice de izolaţie au făcut progrese uimitoare, prezentîndu-se cele mai variate fabricate (clorură de polivinil, polistirol, poliamide, termodur etc.) destinate celor mai felurite scopuri, cum ar fi : construcţia maşinilor şi transformatoarelor, a corpurilor de iluminat şi a aparatelor casnice.

În privinţa lămpilor fluorescente notăm lămpile, care prezintă o aprindere sigură chiar la —15°C, pe cele care fac posibilă o iluminare reglabilă precum şi starterii cu funcţionare sigură. La lămpile de înaltă presiune (cu vapori de mercur) a crescut puterea pînă la 1000 W, necesară la încăperi deosebit de mari. Mai este de remarcat şi lampa de mercur cu reflector interior, care pare a poseda randamentul cel mai ridicat.

În domeniul aparatajului electric s-au expus cele mai variate materiale de instalaţie, armături pentru iluminat, unelte electrice, aparate cu raze infraroşii, acumulatoare etc. Sînt relevate întreruptoarele-pachet pentru 200 şi 400 A, 500 V cu o putere mărită de întrerupere datorită unui nou sistem de stingere a arcului.

Ca armături de iluminat modelele prezentate satisfac cele mai variate scopuri. Astfel, pentru iluminatul tablourilor din cabinele de centralizare ale căilor ferate s-a construit o armătură de birou cu lampă incandescentă de 25 W şi cu fluxul luminos reglabil de la 100% la 17%. Mai semnalăm o armătură cu lampă fluorescentă pentru iluminarea plantelor sau seminţelor în stadiul germinaţiei, precum şi un aparat cu lampă fluorescentă, cu care pot fi verificate 20 de ouă deodată. Interesantă este şi lampa ce se fixează pe inelele de salvare şi care, avînd un element de clorură de cupru şi magneziu, utilizează apa mării ca electrolit.

În sfîrşit, s-au expus diferite aparate cu raze infraroşii, printre care un aparat de 6 kW, necesare încălzirii butoaielor cu scopul golirii lor de uleiuri sau grăsimi în anotimpul rece.

Ing. **G. Crăciun**

Documentare

537.712 *Unităţi electromagnetice*

CZ 538.312:537.712

Relaţiile dintre unităţile mărimilor în scrierea raţionalizată şi neraţionalizată a ecuaţiilor cîmpului electromagnetic. [După L. P. Neiman: Elektricestvo **80** (1959) 6, 13—17.]

Discuţiile asupra raţionalizării ecuaţiilor fizicii şi în particular ale electrotehnicii, au fost purtate pe tema trecerii de la forma neraţionalizată la cea raţionalizată, adică a relaţiilor dintre mărimile fizice şi unităţile lor în cele două forme de exprimare a ecuaţiilor. Se disting două metode de trecere de la ecuaţiile neraţionalizate la cele raţionalizate :

1) prin modificarea mărimilor fizice care intră în expresia ecuaţiilor ;

2) prin modificarea unităţilor mărimilor fizice.

La prima metodă, unităţile rămîn aceleaşi dar se schimbă mărimile fizice, iar la a doua metodă nu există deosebiri între mărimile fizice, diferenţele valorilor numerice datorîndu-se exclusiv unităţilor. După părerea unora, prima metodă este mai avantajoasă pentru demonstraţii teoretice, iar a doua pentru scopuri practice. Autorul combate aceste premise, deoarece nu poate admite o separaţie între teorie şi practică. Teoria se bazează pe date experimentale şi are ca scop dezvoltarea aplicaţiilor practice, deci o metodă ştiinţifică trebuie să fie valabilă prin principiile ei şi pentru teorie şi pentru practică. El combate de asemenea şi corelaţia pe care unii fizicieni o stabilesc între ecuaţiile neraţionalizate şi teoria acţiunii de la distanţă şi între ecuaţiile raţionalizate şi teoria acţiunii din aproape în aproape. Teoria acţiunii din aproape în aproape a fost unanim acceptată ca o dovadă a materialităţii cîmpului, fapt pe care se bazează prezentarea modernă a teoriei cîmpului, deci nu poate depinde de forma matematică sub care se prezintă ecuaţiile cîmpului.

În continuare se arată că în U.R.S.S. s-a elaborat un standard (GOST 8033—56) pentru unităţi magnetice şi electrice, în care se stabileşte ca sistem de măsură sistemul practic de unităţi MKSA care duce la forma raţionalizată a ecuaţiilor cîmpului electromagnetic. Standardul admite în acelaşi timp aplicarea sistemului C.G.S. absolut, în care constanta dielectrică şi permeabilitatea magnetică a vidului sînt egale cu unitatea şi conduc la forma neraţionalizată a ecuaţiilor cîmpului magnetic. În modul acesta standardul citat asigură cel mai simplu mod de trecere de la un sistem la altul şi se ajunge la un procedeu unitar de tratare a cercetărilor teoretice şi calculelor practice, fapt care elimină complicaţiile la soluţionarea problemelor ştiinţifice şi tehnice.

S. S.

CZ. 537.712

Comparaţia avantajelor diferitelor sisteme de unităţi. [După L. A. Sena: Elektricestvo **80** (1959) 6, 23—27.]

Alegerea celui mai avantajos sistem de unităţi a dat loc la numeroase dezbateri în cercurile fizicienilor şi electrotehnicienilor. Autorul supune această problemă unei cercetări amănunţite şi constată că pentru alegerea sistemului de unităţi se dispune practic de posibilităţi nelimitate, şi anume : 1) numărul unităţilor de bază poate fi ales oricît de mare sau oricît de redus, 2) unităţile de bază pot fi stabilite din oricare mărime fizică, 3) unităţile de bază pot avea orice dimensiune, 4) unităţile derivate se pot deduce din orice legi sau relaţii de definiţie. Se naşte în mod firesc problema, care sînt criteriile ce trebuie să servească la alegerea sistemului de unităţi. În primul rînd, trebuie luate în considerare criteriile practice, dar să se aibă în vedere că nu mai sînt de actualitate limitele la valorile maxime şi minime ale mărimilor fizice, deoarece se lucrează în mod curent cu mărimi ce pot diferi între ele cu 10—15 ordine de mărime. De asemenea, considerentele de simetrie în scrierea ecuaţiilor sînt necesare numai din punct de vedere estetic. La alegerea unui număr mare de unităţi de bază, formulele cuprind coeficienţi prea numeroşi, iar pentru un număr redus se complică analiza dimensională. La alegerea sistemului de unităţi, raportul dintre vectorii **D** şi **E** respectiv **B** şi **H**, care în sistemul CGS absolut cu aceleaşi dimensiuni, în sistemul MKSA au dimensiuni diferite.

În concluzie, toate sistemele de unităţi sînt principial de aceeaşi valoare, deoarece numărul unităţilor de bază, alegerea lor şi relaţiile din care se definesc sînt în mare măsură arbitrare. Cum considerentele care stau la baza sistemului de unităţi diferă în diverse domenii ale ştiinţei şi tehnicii, trebuie ales pentru standardizare cel care corespunde celor mai multe cerinţe. Alegerea s-a făcut asupra sistemului C.G.S. în varianta simetrică (Gauss) şi asupra sistemului MKSA. Propunerile pentru modificarea parţială a sistemului MKSA prin înlocuirea unor constante cu alte constante nu au consecinţe practice şi cu atît mai puţin, de principiu. Ele ar necesita renunţarea la relaţiile obişnuite şi de aceea nu se consideră indicate.

S. S.

CZ 53.08

Unităţi universale în magnetism, mecanică şi căldură [După Gresky A. T.: J. Franklin Inst. **268** (1959) 5, 388—400, 2 tab., 2 ref.]

Precizia crescîndă în măsurarea cantităţilor fundamentale ar putea duce la adoptarea a cinci „unităţi universale" foarte precise pentru intensitatea magnetică, masă, lungime, timp şi temperatură. Se prezintă speculaţii asupra posibilităţilor de alegerea şi utilizarea acestor unităţi. Se crede că aceste unităţi ipotetice vor permite descoperirea multor constante universale, noi, de mare importanţă pentru teoria fundamentală şi pentru rezolvările cauzale ale cîtorva probleme fundamentale ale fizicii.

Valorile practice propuse pentru noile unităţi sînt : unitatea de intensitate magnetică $M = 1{,}84253$ Gs ; unitatea de masă $m = 217{,}699$ g ; unitatea de lungime $r = 1{,}61562$ cm ; unitatea de timp $t = 0{,}538912$ s ; unitatea de temperatură $T = 0{,}0708681°K$

A. S.

621.313 *Maşini electrice*

CZ 621.313.2:6.1.013.82

Procese tranzitorii în amplidina cu trei trepte cu cîmp longitudinal. [După P. V. Kuropatkin: Elektricestvo **80** (1959) 10, 38—42, 6 fig., 6 ref.]

În prezent, pe lîngă amplidina cu cîmp transversal, în automatică s-a extins utilizarea amplidinei cu cîmp longitudinal. Avantajul acesteia din urmă constă în funcţionarea la puteri mari, ceea ce permite utilizarea sa în sistemele de reglaj automat de mare putere ca excitatoare principală cu un factor de amplificare cuprins între 10^4 şi 5×10^4. Studiul proceselor tranzitorii porneşte de la schema echivalentă, ale cărei ecuaţii se scriu sub formă operaţională, în următoarele ipoteze simplificatoare : fluxul principal şi cel de dispersie variază după aceeaşi lege, circuitul magnetic nesaturat, lipsa influenţelor între etaje, turaţie constantă şi neglijarea curenţilor de comutaţie. Cercetarea performanţelor pe cale analitică, prin soluţionarea ecuaţiilor diferenţiale stabilite pentru diferite etaje ale amplidinei, cu luarea în considerare a caracteristicilor neliniare, este destul de dificilă. Din aceste motive se recurge la metoda grafoanalitică, care face uz de caracteristicile de mers în gol şi de schema echivalentă sub forma a trei maşini, care funcţionează independent una de alta. În lucrare sînt redate cîteva exemple de determinare analitică şi grafoanalitică a proceselor tranzitorii cu şi fără luarea în considerare a curenţilor turbionari. În acest din urmă caz, curba creşterii tensiunii în funcţie de timp calculată diferă considerabil faţă de cea măsurată.

În concluzie, la calculul proceselor tranzitorii se recomandă folosirea metodei grafoanalitice simplificate, care se distinge prin rapiditate, claritate şi precizie. Ecuaţiile operaţionale

obținute pot fi folosite la cercetarea stabilității și la calculul parametrilor necesari realizării performanțelor dorite.

S. S.

CZ 621.313.333 : 658.516

Electromotoare standard. [După ETZ-B, **12** (1960) 8/9, 171.]

Organizația electrotehnică internațională I.E.C. a lansat ideea — iar diferite întreprinderi din mai multe țări au pus-o în practică — ca să se fabrice electromotoare asincrone standard în sensul că unei anumite puteri și unei anumite turații să-i corespundă o anumită carcasă de electromotor, care, la toate fabricile să posede aceleași dimensiuni și aceleași capete de arbore. Alte întreprinderi au luat carcasele ca bază, stabilind că pentru o anumită mărime de carcasă, unei anumite turații îi corespunde o anumită putere de motor.

Cu normările de mai sus s-a mers de la motoare de 0,12 kW pînă la 132 kW.

Avantajele motoarelor standard se evidențiază, în primul rînd, în formarea stocurilor de rezervă ale întreprinderilor industriale, știindu-se că orice motor defectat poate fi imediat înlocuit cu un motor din magazie de aceeași turație și aceeași putere, indiferent de la ce fabrică ar proveni noul motor. Apoi această normare prezintă un important avantaj pentru fabricile de mașini-unelte, care își pot dimensiona fabricatele fără a duce corespondențe prealabile cu furnizorii de electromotoare.

G. C.

621.314.2 *Transformatoare*

CZ 621.314.213.017.7

Incălzirea bobinajelor transformatoarelor umplute cu cuarț [După G. B. Fridman: Vestn. Elektroprom., **31** (1960) 4, 37—40, 2 fig., 1 tab., 6 ref. bibl.]

Transformatoarele de forță umplute cu nisip de cuarț au o serie de avantaje față de cele uscate (în construcție antigrizutoasă), și anume: tensiunea de scurtcircuit redusă, stabilitatea dinamică mărită și construcția simplificată a cuvei. Ca dezavantaje se arată: consum specific de cupru și greutate specifică totală mărită. Totuși, datorită încadrării acestor transformatoare în clasa de izolație *E*, bobinajele nu necesită izolarea lor cu materiale scumpe silico-organice (ca la celelalte transformatoare) și de aceea costul specific total de materiale active este mai redus.

Miezul magnetic are o dispoziție orizontală, iar bobinajele de joasă și înaltă tensiune în formă de galeți sînt așezate pe coloanele miezului în ordine alternativă. În scopul îmbunătățirii transmisiei căldurii de la bobinaje la pereții cuvei (prin nisipul de cuarț) între bobinaje se montează, izolate, plăcuțe metalice de răcire.

Calculele și experimentările efectuate arată ca factori importanți în regimul termic al acestui tip de transformator: rezistența termică a izolației bobinajelor față de plăcuțele de răcire și a canalelor de cuarț dintre plăcuțe și pereții cuvelor.

A. B.

CZ 621.314.212.017.7

Scăderea, evacuarea și utilizarea căldurii pierdute în transformatoare [După V. Aigner: ETZ-B, **12** (1960) 7, 145—154.]

În ultimul timp s-a reușit a se reduce la transformatoare pierderile prin căldură, a se ameliora evacuarea căldurii și a se utiliza această căldură.

Pierderile în fier scad considerabil în tolele laminate la rece față de cele laminate la cald. Apoi pierderile depind de unghiul format de direcția fluxului cu sensul laminării. Se mai contribuie la scăderea acestor pierderi prin izolații speciale a tolelor, prin miezuri de secțiune mică, prin ridicarea inducției la tolele laminate la rece 16 250 Gs (față de 14 500Gs la tolele laminate la cald) și prin anumite măsuri constructive. Contra pierderilor prin curenții turbionari autorul indică amenajarea simetrică a bobinelor și divizarea secțiunii de cupru.

O răcire mai eficace (în scopul menținerii la o temperatură cît mai joasă a conductoarelor înfășurării) se obține cu ajutorul unui ulei de răcire mai puțin vîscos. O diagramă arată scumpirea transformatorului în funcție de reducerea pierderilor totale. Pentru a reduce temperatura maximă a uleiului, s-a utilizat cu succes o pompă, care pompează uleiul cald de sub capacul cazanului spre fund. Reducîndu-se astfel cu 5—10°C temperatura de sub capac, se dublează durata de viață a transformatorului. La un transformator de 23 MVA, de exemplu, pompa de mai sus nu are decît 140 W.

În ce privește răcirea la exterior, tuburile plate (dreptunghiulare) provoacă o evacuare cu 10—20% mai rapidă a căldurii decît tuburile cu secțiune circulară. Sînt arătate și aici diferite soluții constructive, privind forma și poziția radiatoarelor. În sfîrșit, se obține o mărire a eficacității de răcire, dirijînd aerul de răcire din ventilatoare, nu vertical cum se procedează acum, ci orizontal. Numărul ventilatoarelor se reduce la 1/3 față de trecut.

Urmează considerente economice privind rentabilitatea încălzirii unor blocuri de locuit din imediata apropiere a unor transformatoare mari ale căror pierderi reprezintă sute de kW. Articolul încheie cu un exemplu realizat și experimentat timp de trei ani, unde clădirea de administrație (7 200 m³ în afară de scări și coridoare) a unei întreprinderi cu un transformator de 10 MVA (pierderi 82,5 kW) este încălzită în lunile de trecere exclusiv prin căldura emanată de transformator, la care în lunile de plină iarnă se mai adaugă un plus de încălzire cu cărbuni.

G. C

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. dr. ing. Pl. Andronescu, prof. dr. ing. I. S. Antoniu, prof. dr. ing. A. Avramescu, membru corespondent al Academiei R.P.R. (redactor responsabil), ing. V. Bunea, laureat al Premiului de Stat, prof. dr. ing. V. Corlățeanu, ing. Șt. Grosu conf. ing. Gh. Hortopan, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. G. Lazaride, prof. dr. ing. R. Rădulet, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat.

Revista „ELECTROTEHNICA", organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Grele. Editor: Asociația Științifică a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. Redacția și Casieria: București, Str. Ion Ghica, nr. 3. Telefon 14.15.95 Administrația: București, Calea Victoriei, nr. 118. Telefon 14 06 24. Redacția își rezervă toate drepturile privind lucrările precum și materialul grafic-ilustrativ apărut în revistă, cît și privitoare la traducerea în limbi străine. Se admit extrase, referate sau comentarii numai cu indicarea completă a sursei. Revista apare lunar. Abonamentul anual: pentru întreprinderi lei 100, individuale lei 30. Prețul unui exemplar: lei 5. Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediile filialelor ASIT, precum și la responsabilii cu presa din cercurile ASIT. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinetele tehnice în contul nostru de virament: Publicațiile Tehnice ASIT-070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin București. Tiparul: Întreprinderea Poligrafică Nr. 2. — c. 3051.

MUZEUL TEHNIC 1833

SOMMAIRE

CD 621.313.32.044.53.011.1 ; 512.831

Nedelcu V. : **Équations matricielles de fonctionnement de la machine synchrone à pôles apparents dans le système de coordonnées** *d, q, o.*

Electrotehnica *8* (1960) 9, 301–307

En partant des équations de fonctionnement de la machine synchrone à pôles apparents dans le système holonomique, en considérant la machine triphasée, on peut déduire les équations matricielles pour le fonctionnement de la machine dans le système de coordonnées *d, q, o* par l'application de la transformation Park-Gorev.

CD 621.316.57—8.001.2/4

Máthé B., Máthé S. : **Le calcul et l'expérimentation des dispositifs de commande des interrupteurs de haute tension.**

Electrotehnica *8* (1960) 9, 307–313

On présente d'une manière générale une méthode de calcul des dispositifs de commande des interrupteurs de haute tension ainsi que les résultats du calcul de l'expérimentation des différents types de dispositifs de commande dont les projets furent établis et exécutés dans l'usine „Electroputere". Le matériel exposé fut rédigé à base d'essais complets de type des différentes sortes de dispositifs.

CD 621.315.624 ; 621.317.333.83

Drăgan G., Popa B. : **L'essai des isolateurs électriques de fabrication roumaine pour les lignes de 10—35 kV.**

Electrotehnica *8* (1960) 9, 313–321

Après avoir démontré la nécessité de l'essai des isolateurs de fabrication roumaine, on établit les méthodes d'essai et les caractéristiques nécessaires des installations utilisées. On présente sommairement les résultats obtenus par l'essai des isolateurs de ligne (10—35 kW) et de l'analyse de ces résultats résultent des conclusions utiles dans l'exploitation et pour les fabriques qui les construisent.

CD 621.319.42 ; 621.396

Marcus B., Ciontea I., Kovacs I., Vişoiu V., Diaconu L., Soltuz C. :

Condensateurs céramiques pour la technique de la radio

Electrotehnica *8* (1960) 9, 321–327

On présente un diélectrique céramique pour des condensateurs du type N 750 ayant la permettivité 87 et la tangente de l'angle de pertes moindre que 6.10^{-4}, pour une fréquence de 10^6 Hz. On présente la technologie de préparation de la masse ainsi que la technologie de réalisation des condensateurs céramiques. On montre aussi les mesures effectuées sur des lots de condensateurs en conformité avec les recommandations C.E.I. en ce qui concerne les condensateurs céramiques disque.

POUR LE JEUNE INGÉNIEUR

CD 621.3 ; 518.5

Gheorghiu N., Ştefănescu N. : **Certains aspects de l'utilisation de la règle de calcul dans l'électrotehnique.**

Electrotehnica *8* (1960) 9, 328–333

On présente quelques possibilités d'utilisation de la règle de calcul usuelle pour certaines opérations courantes dans l'électrotehnique : la transformation directe et inverse des phaseurs de la forme algébrique dans la forme exponentielle, le calcul à fonctions hyperboliques, le calcul de la chute de tension dans les conducteurs et celui de la résistance des conducteurs en cuivre.

NOTES

CD 621.314.224.3 ; 538.244

Semlyén A. : **Magnétisation transversale et son application aux transformateurs de courant.**

Electrotehnica *8* (1960) 9, 333–337

On présente les modes de réalisation de la magnétisation transversale complète des noyaux ferro-magnétiques avec l'élimination du couplage longitudinal. On examine le fonctionnement comme amplificateur magnétique d'un dispositif qui utilise la magnétisation transversale ainsi que l'utilisation de la magnétisation transversale pour amoindrir les erreurs aux transformateurs de courant.

CHRONIQUE, 338

DOCUMENTATION, 339—340

CZ 621.3 ELECTROTEHNICĂ GENERALĂ

CZ 621.372.5.015.33

Kazovski, E. J. :

Calcularea regimurilor tranzitorii de c.a. folosind caracteristicile de frecvenţă. Elektricestvo **81** (1960) 4, 30—37.

CZ 621.312 FABRICAREA MAŞINILOR ELECTRICE

CZ 621.312 : 621.313.048

Cervenka, B. :

Izolaţiile înfăşurărilor şi creşterea productivităţii în fabricaţia maşinilor electrice rotative. Elektrotechn. Obz. **49** (1960) 4, 186—190.

CZ 621.313.223.072.2

Böddeker, H. :

Reglajul tensiunii unui generator autoexcitat de curent continuu cu excitaţie suplimentară exterioară. Regelungstechnik **8** (1960) 4, 124—126.

CZ 621.313.32.013.8 : 621.314.6

Haaman, K. P. :

Excitaţia şi reglajul maşinilor sincrone mari cu ajutorul mutatoarelor. Elektrotechn. Z. ed. A. **81** (1960) 9, 317—323.

CZ 621.313.322-82.045.532

Abegg, K. :

Din tehnologia hidrogeneratoarelor : înfăşurările statoarelor. Bull. Ass. suisse élect **51** (1960) 8, 428—437.

CZ 621.313.322-82.003

Wiedemann, E. :

Construcţia generatoarelor şi proiectarea centralelor. Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. **51** (1960) 7, 352-359.

CZ 621.31.3.322.002.2—82

Korán, V., Brach, V. :

Carcase din beton pentru statoarele hidroalternatoarelor. Elektrotechn. Obz. **49** (1960) 4, 180—186.

CZ 621.313.33 : 536.5 : 533.6.08

Orzepowski, S. :

Măsurarea temperaturii şi vitezei aerului în elementele rotative ale maşinilor electrice. Pomiary Automatyka Kontrola **6** (1960) 4, 133—136.

CZ 621.313.332

Budişan, N. I. :

Unele rezultate experimentale asupra funcţionării maşinii asincrone în regim de generator de frecvenţă variabilă. Stud. urc. St. tehn. Acad. R.P.R. Tmş. **6** (1959) 3—4, 51—61.

CZ 621.313.1.042.3 : 018.7

Oprendeck, B. :

Asupra fenomenului de amplificare a armonicilor de dinţi. Stud. cerc. şt. tehn. Acad. R.P.R. Tmş. 6 (1959) 3—4, 31—49.

CZ 621.314 TRANSFORMAREA ENERGIEI ELECTRICE

CZ 621.314.2.225.1: 015.3

Savinc, V., Corlăţeanu, V., Murgu, Z. :

Regimul tranzitoriu la conectarea transformatoarelor monofazate. Stud. cerc. fiz. şt. tehn. Acad. R.P.R. Iaşi **10** (1959) 2, 159—176.

CZ 621.314.222 : 621.317.611

Paderta, B. :

Raportul tensiunilor şi spirelor în transformatoarele de încercare la foarte înaltă tensiune. Elektrotechn. Obz. **49** (1960) 4, 191—198.

CZ 621.314.2.017

Brosan, G. S., Bishop, D. O. :

Un raport optim al pierderilor în cupru şi pierderilor în fier pentru un transformator cu sarcină variabilă. Proc. Instn. Electr, Engrs.—C. **107** (1960) 11, 98—99.

CZ 621.314.212.017.7

Aigner, V. :

Micşorarea, evacuarea şi utilizarea pierderilor termice ale transformatoarelor. Elektrotechn. Z. ed. B **12** (1960) 7, 145—154.

CZ 621.314.224.8 : 621.314.312

Kopecek, J. :

O diagramă complexă a erorilor relative la un reductor de intensitate şi aplicarea ei. Elektrotechn. Obz. **49** (1960) 4, 173—179.

CZ 621.314.5.027.3 : 621.385.833

Strojnik, A. :

Surse de înaltă tensiune continuă stabilizată. Arch. techn. Messen (1960) 291, 81—84.

CZ 621.315 TRANSMISIA ENERGIEI ELECTRICE

CZ 621.315.524 + 534.012

Saviuc, V., Sabatin, I., Crişan, A. :

Parametrii electrici ai conductoarelor multifilare de oţel-aluminiu. Stud. cerc. fiz. şt. tehn. Acad. R.P.R. Iaşi **10** (1959) 2, 177—194.

CZ 621.315.534.012

Untu, R., Untu, C. :

Asupra caracteristicilor electrice şi mecanice ale unor conductoare de aluminiu. Stud. cerc. fiz. şt. tehn. Acad. R.P.R. Iaşi **10** (1959) 2, 235—239.

CZ 621.315.616.9 : 621.317.333

Lojda, F. :

Evaluarea răşinilor întărite la căldură printr-o metodă dielectrică şi de presare. Elektrotechn. Obz. **49** (1960) 4, 208—211.

CZ 621.315.616.96 ; 621.316.5

Manley, T. R., Rothwell, K., Gray, W. :

Folosirea răşinilor de joasă presiune la cîteva proiectări de aparataj de înaltă tensiune. Proc. Instn. Electr. Engrs. A. **107** (1960) 32, 213—229.

CZ 621.315.62 : 621.317.333

Forrest. J. S., Lambeth, P. J., Oakeshott, D.F. :

Studiu asupra performanţei izolatoarelor de înaltă tensiune în atmosferă murdărită. Proc. Instn. Electr. Engrs. A **107** (1960) 32, 172—196.

CZ 621.316 DISTRIBUŢIA ENERGIEI ELECTRICE

CZ 621.316-213.44

Frey, G. :

Rezultatele noilor cercetări asupra siguranţei proprii a aparatelor şi siguranţelor electrice. Elektrie **14** (1960) 4, 115—120

CZ 621.387 : 621.316.57

Crawford, F. W., Edels, H. :

Caracteristicile tensiunii de reaprindere a arcurilor cu reanclanşare liberă. Proc. Instn. Electr. Engrs A **107** (1960) 32, 202—212.

CZ 621.316.542—213.44

Fischer, W. :

Incercări asupra puterii de rupere a aparatajului de joasă tensiune antigrizutos şi capsulat. Elektrie **14** (1960), 110—112.

CZ 621.316.57 : 621.316.923

Einhorn, H.D. :

Deosebirea între siguranţele cu mare putere de rupere şi întreruptoarele miniatură. Proc. Instn. Electr. Engrs C **107** (1960) 11, 75—81.

CZ 621.316.57.067

Blaschke, H. :

Presiune nominală mai mare pentru acţionările cu aer comprimat al întreruptoarelor de putere medie. Elektrie **14** (1960) 4, supl. Elektrofertigung, 29—30.

CZ 621.316.13 : 621.317.333.1

Vogler, W. :

Supravegherea izolaţiei circuitelor trifazate. Bull. techn Bur. Veritas **42** (1960) 2, 19—22.

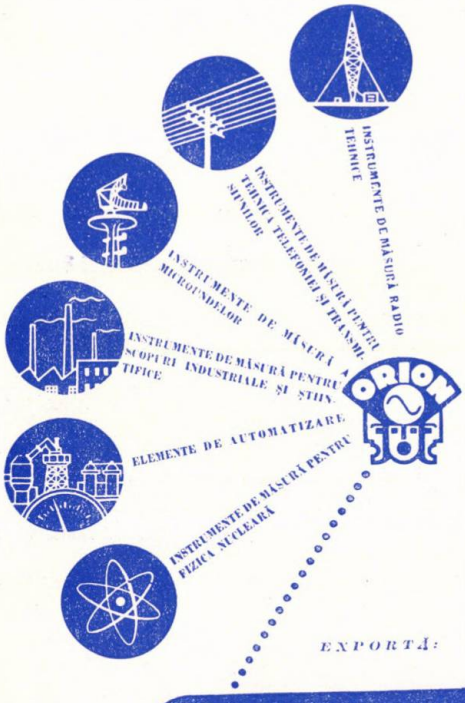
CZ 621.318 ELECTROMAGNEŢI

CZ 621.318.22

Warring, R. H. :

Alegerea materialelor pentru magneţi permanenţi. Engng. Materials and Design **3** (1960) 4, 208—211.

INSTRUMENTE DE MĂSURĂ ELECTRONICE
pentru toate ramurile științei și industriei



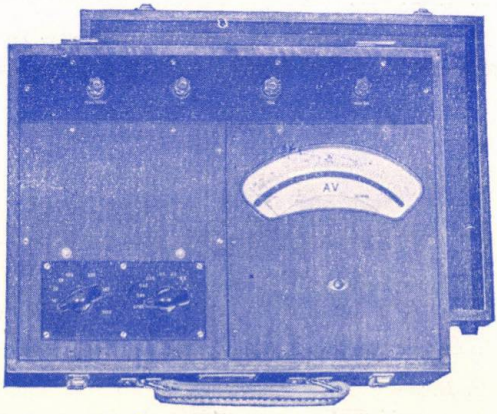
EXPORTĂ:

METRIMPEX

INTREPRINDERE UNGARĂ DE COMERȚ EXTERIOR PENTRU PRODUSELE INDUSTRIEI DE INSTRUMENTE

Adresa pentru scrisori: BUDAPESTA, CĂSUȚA POȘTALĂ 202 UNGARIA
Adresa telegrafică: INSTRUMENT BUDAPEST

VOLTMETRE ȘI AMPERMETRE DE PRECIZIE PENTRU CURENT ALTERNATIV CU DOMENII MULTIPLE DE MĂSURĂ

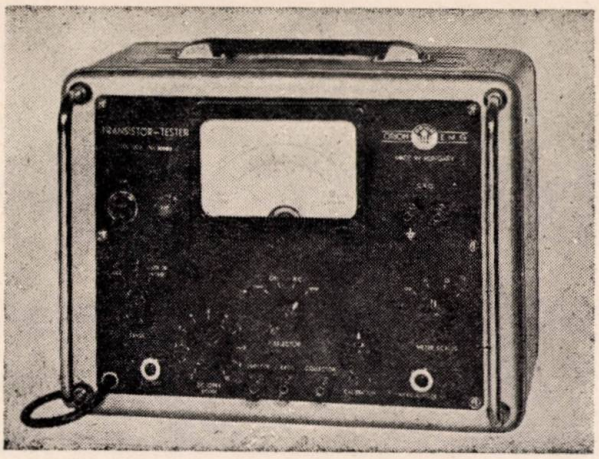


11 domenii de măsură a curentului:
5 - 10 - 20 - 50 - 100 - 200 - 500 mA
1 - 2 - 5 - 10 A
8 domenii de măsură a tensiunii:
5 - 10 - 20 - 50 - 100 - 200 - 500 - 1000 V
Clasa 0,2

NORMA

Fabrik elektrischer Messgeräte Gesellschaft m.b.H.
Wien XI, Fickeysstrasse 1—11
VIENA — AUSTRIA

Aparat de încercat transistoare Model 1816



- Un aparat indispensabil pentru toate laboratoarele uzinale, care produc sau utilizează tranzistoare.

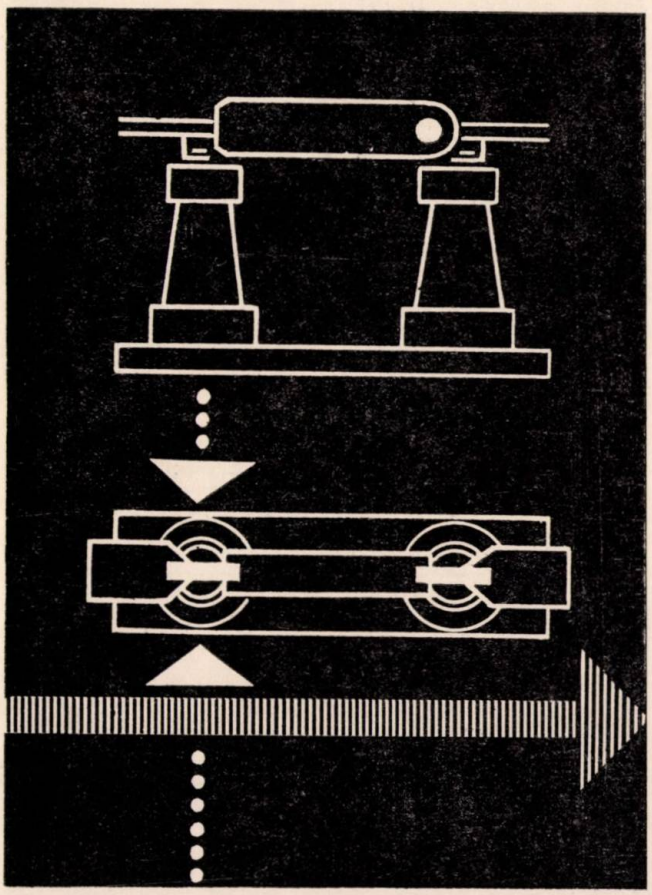
  Aparatul poate fi folosit atît pentru încercarea transistcarelor cu vîrfuri cît şi a celor cu joncţiune.

Se exportă prin:

METRIMPEX

Ungarisches Aussenhandelsunternehmen für die Erzeugnisse der Instrumentenindustrie

Adresa: **BUDAPEST 62, POSTFACH 202, UNGARIA**
Adresa telegrafică: **INSTRUMENT BUDAPEST**



PRESIUNE LA CONTACT!

Rezistenţă maximă la scurtcircuite garantează „Sistemul de contacte liniare" al separatoarelor noastre. Barele cuţitului cuprind cu arcuire contactul fix şi se strîng pe măsură ce creşte sarcina de curent.

Execuţia fără bucle a separatoarelor elimină pericolul de deschidere la şocuri mari de curent. Orice deviere a căii de curent este exclusă.

„Sistemul de contacte liniare" se curăţă automat, fiind deci insensibil faţă de impurităţi.

Separatoarele noastre ocupă un spaţiu redus. Ele sînt furnizate în execuţie unipolară şi tripolară inclusiv toate accesoriile.

VEB SCHALTGERÄTEWERK WERDER

Werder/Havel, Eisenbahnstr. 31/33
Adresă telegrafică: Elmowerder

Reprezentanţa:

Ambasada R. D. G. în R. P. R. — Secţia Comercială Bucureşti, Calea Dorobanţilor, 14

EFECTUAȚI MĂSURĂRI PRECISE UTILIZÎND:

- **Aparate de măsură cu ac indicator cu cadru mobil şi electromagnetice**
- **Contoare de energie electrică**
- **Aparate electronice de măsură pentru laboratoare şi staţii, pentru necesităţile radiotehnicii, televiziunii, telefoniei, teletransmisiunilor şi a tehnicii undelor ultrascurte de producţie poloneză**

Exportator exclusiv:

SOCIETATEA POLONEZĂ CU RESPONSABILITATE LIMITATĂ
ENTRU COMERŢUL EXTERIOR DE ECHIPAMENT ELECTROTEHNIC

„Elektrim"

WARSZAVA, 2 CZACKIEGO 15/17/POLONIA, B. P. 254
TELEFON: 6.62.71 TELEX.: 10 415
ADRESA TELEGRAFICĂ ***Elektrim — Warszawa***

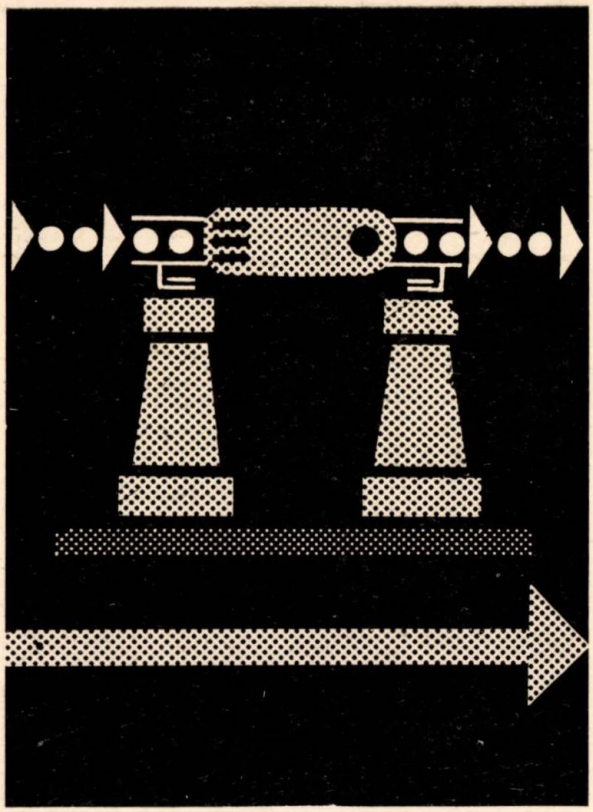
E 2040

REFERALVA

ELECTROTEHNICA

10

Electrotehnica — Bucureşti ★ Anul 8 ★ nr. 10 ★ p. 341 — 372 ★ octombrie 1960



Fără bucle!

Pentru a elimina complet pericolul de deschidere la şocuri mari de curent, separatoarele noastre se construiesc fără bucle. Orice deviere a căii de curent este asfel evitată.

Sistemul de contacte liniare al separatoarelor noastre garantează o rezistenţă maximă contra scurtcircuitelor prin presiunea crescîndă în contact în momentul critic. Contactele se curăţă automat, fiind deci insensibile faţă de impurităţi.

Separatoarele noastre economisesc spaţiu. Ele sînt furnizate în execuţie unipolară şi tripolară inclusiv toate accesoriile.

VEB
SCHALTGERÄTEWERK
WERDER

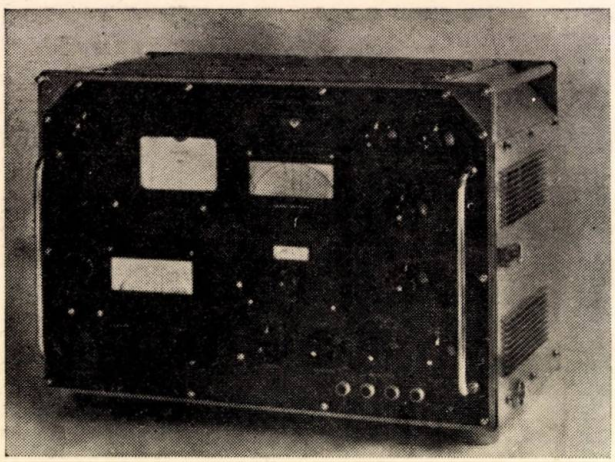
Werder/Havel, Eisenbahnstr. 31—33
Adresă telegrafică: Elmowerder

REPREZENTANŢĂ:

AMBASADA R.D.G. în R.P.R. – SECŢIA COMERCIALĂ
BUCUREŞTI, CALEA DOROBANŢILOR 14

Generator de semnale în domeniul microundelor

→ MODEL 1177 ←



Domeniul de frecvenţe 3500—7500 MHz cu reglaj automat al tensiunii prin reflector, cu o eroare de frecvenţă mai mică decît 1%, puterea de ieşire mai mare decît 1 mW. Impedanţa de ieşire nominală 50 ohmi. — Posedînd toate posibilităţile de modulaţie ce pot interveni în practică

Exportă:

METRIMPEX

Întreprindere ungară de comerţ exterior pentru produsele industriei de instrumente

Adresa: BUDAPEST 62, CĂSUŢA POŞTALĂ 202, UNGARIA
Adresa telegrafică: INSTRUMENT BUDAPEST

ELECTROTEHNICA

Anul 8 nr. 10 octombrie 1960

CUPRINS

CZ 621.313 :621.317.333.6.024

Apetrei C. : **Verificarea izolației mașinilor electrice cu tensiune redresată continuă.**

Electrotehnica *8* (1960) 10, 341—349

Se prezintă stadiul și rezultatele cercetărilor efectuate în problema încercărilor izolației mașinilor electrice rotative cu tensiune redresată și se dau indicații asupra primelor încercări efectuate în R.P.R. privitoare la încercarea izolației în curent continuu. Lucrarea se referă la încercarea izolației mașinilor noi sau a mașinilor din exploatare cu tensiuni ridicate de ordinul kilovolților.

CZ. 621.313.322—81 :621.3.018.46

Bălă C. : **Funcționarea în asincron a turboalternatoarelor**

Electrotehnica *8* (1960) 10, 349—355

Se examinează factorii care determină puterea maximă pe care o poate debita turbogeneratorul în funcționarea în regim asincron precum și fenomenele care apar la trecerea unui turbogenerator de la funcționarea în sarcină în regim sincron la funcționarea în asincron.

În încheiere, se prezintă unele concluzii referitoare la construcția turboalternatoarelor și parametrii acestora în vederea asigurării posibilității de funcționare în asincron în cazul absenței excitației.

CZ 621.34 :622.323

Fransua Al. : **Unele perspective de dezvoltare a acționărilor electrice în forajul sondelor petrolifere și de gaze naturale**

Electrotehnica *8* (1960) 10, 356—361

Se prezintă în mod critic unele direcții de îmbunătățiri a acționărilor electrice în forajul sondelor și anume: mărirea puterii motoarelor de antrenare a troliului și pompelor, schimbarea schemei de acționare a pauzelor în vederea obținerii unui factor de putere mai bun al întregii instalații, utilizarea de noi mijloace de frînare (frîne electrice), îmbunătățirea instalației de pornire—reglaj.

PENTRU TÎNĂRUL INGINER

CZ 621.315.5.052.32

Adămuț I. : **Considerații privind dimensionarea conductorului neutru în rețelele aeriene**

Electrotehnica *8* (1960) 10, 361—366

Se prezintă unele aspecte teoretice privind valoarea curentului pe conductorul de „nul", aspecte ce pot avea drept consecință revizuirea concepției actuale de proiectare și exploatare a rețelelor electrice aeriene de joasă tensiune.

NOTE

CZ 621.839.8 :621.318.22

Sprînceană N. : **Cuple electromagnetice cu pulbere**

Electrotehnica *8* (1960) 10, 367—369

După unele considerații asupra utilizării cuplelor electromagnetice cu pulbere în special în domeniul acționărilor electrice, se prezintă principiul de funcționare și se discută caracteristicile materialelor folosite pentru realizarea lor.

DOCUMENTARE, 369—372

CONTENTS

DC 621.313 :621.317.333.6.024

Apetrei, C.: **Insulation testing of electric machines with rectified continuous voltage**

Electrotehnica *8* (1960) 10, 341—349

The stage and the results of the research carried out in the problem of insulation testing of rotating electrical machines with rectified voltage are presented and indications are given on the first tests made in the Rumanian People's Republic concerned with the insulation testings in direct current. This paper is regarding the test of new machines or of working machines with raised voltages of the order of some thousand volt.

DC 621.313.322—81 :621.3.018.46

Bălă, C.: **Functioning in asynchronous working conditions of turboalternators**

Electrotehnica *8* (1960) 10, 349—355

The factors are investigated which determine the maximum power that can be delivered by the turbo-generator when operating in asynchronous working conditions, as well as the phenomena arising on passing over from running in synchronous load conditions to operation in asynchronous working conditions.

In the end, some conclusions are presented relating with the construction of turbo-alternators and their perimeters, aiming at ensuring the possibility of operating in asynchronous conditions in the case of absence of excitation.

DC 621.34 :622.323

Fransus, Al.: **Some future prospects of the development of electrical drives in oil and natural gas well drilling**

Electrotehnica *8* (1960) 10, 356—361

A critical presentation is given of some directions of improving the electrical drives in oil well drilling, viz.:

Raising the driving power of the draw works and pumps engines, the modification of the pauses within the drive scheme, with the purpose of obtaining a better power factor of the whole installation, the use of new means of braking (electrical brakes), the improvement of the starting-regulating installations.

FOR THE YOUNG ENGINEER

DC 621.315.5.052.32

Adămuț, I.: **Contributions to dimensioning the neutral conductor in overhead networks**

Electrotehnica *8* (1960) 10, 361—367

Some theoretical aspects are presented in respect of the current through the neutral conductor, aspects which can have as a consequence the revision of the present use in designing and exploiting the low tension overhead electrical networks.

NOTES

DC 621.839.8 :621.318.22

Sprînceană N.: **Electromagnetic torques with powder**

Electrotehnica *8* (1960) 10, 367—369

After presenting some considerations related to the use of electromagnetic torques with powder, specially in the field of electrical drives, the author describes the principle of operating and discusses the characteristic features of the materials used for the achievement of these torques.

DOCUMENTATION, 369—372

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.313 : 621.317.333.6.024

Apetrei C.: **Проверка изоляции электрических машин с выпрямленным постоянным напряжением.**

Electrotehnica *8* (1960) 10, 341–349

Представлены стадия и результаты исследований проведенных в области испытаний изоляции электрических ротационных машин с выпрямленным напряжением, и даны указания относительно первых испытаний изоляции при постоянном токе, проведенных в РНР. В работе представлены результаты испытаний новых машин или машин высокого напряжения, порядка киловольт, находящихся в эксплуатации.

ДК 621.313.322–81 : 621.3–018.46

Bălă C.: **Работа турбогенераторов в асинхронном режиме.**

Electrotehnica *8* (1960) 10, 349–355

Анализируются факторы, определяющие максимальную мощность, которую может дать турбогенератор при работе в асинхронном режиме, а также явления возникающие при переходе турбогенератора с работы под нагрузкой в синхронном режиме на работу в асинхронном режиме.
В заключении даются некоторые выводы относительно конструкции турбогенераторов и их параметров с целью обеспечения возможности работы в асинхронном режиме в случае отсутствия возбуждения.

ДК 621.34 : 622.323

Fransua Al.: **Некоторые перспективы развития электропривода при бурении нефтяных скважин и скважин природного газа.**

Electrotehnica *8* (1960) 10, 356–361

Критически представлены некоторые направления по улучшению электропривода при бурении скважин, а именно: увеличение мощности двигателей лебедок и насосов; изменение схемы работы электропривода с целью улучшения коэффициента мощности всей установки, использования новых способов электроторможения; улучшение пускового регулирующего оборудования.

ДЛЯ МОЛОДОГО ИНЖЕНЕРА

ДК 621.315.5.052.32

Adămuț I.: **Соображения о расчете нейтрального провода надземной электропередачи.**

Electrotehnica *8* (1960) 10, 361–367

Представлены некоторые теоретические аспекты относительно величины тока „нулевого" проводника, следствием которых может стать пересмотр современных концепций по проектированию и эксплуатации надземных электрических сетей низкого напряжения.

ЗАМЕТКИ

ДК 621.839.8 : 621.318.22

Sprinceană N.: **Электромагнитные муфты с порошком.**

Electrotehnica *8* (1960) 10, 367–369

В начале приводятся некоторые соображения по использованию электромагнитных муфт с порошком, в особенности в области электропривода, затем дается принцип работы и обсуждаются характеристики материалов, используемых для их изготовления.

ДОКУМЕНТАЦИЯ, 369–372

SOMMAIRE

CD 621.313 :621.317.333.6.024

Apetrei C. : **Vérification de l'isolation des machines électriques à tension continue redressée**

Electrotehnica *8* (1960) 10, 341—349

On présente l'étude et les résultats des recherches entreprises dans le problème des essais de l'isolation des machines électriques rotatives à tension redressée et on donne des indications sur les premières expériences effectuées dans la R.P.R., en ce qui concerne l'essai de l'isolation au courant continu. L'ouvrage se rapporte à l'essai de l'isolation des machines nouvelles ou des machines en cours d'exploitation et dont les tensions sont de l'ordre des kilovolts.

CD 621.313.322—81 :621.3.018.46

Bală C. : **Le fonctionnement asynchrone des turboalternateurs**

Electrotehnica *8* (1960) 10, 349—355

On examine les facteurs qui déterminent la puissance maximum que peut débiter le turbogénérateur pendant le fonctionnement en régime asynchrone, ainsi que les phénomènes qui apparaissent lorsque le turbogénérateur passe du fonctionnement sous charge en régime synchrone au fonctionnement asynchrone.

Pour conclure, on présente des conclusions concernant la construction des turboalternateurs et leurs paramètres, en vue d'assurer la posibilité du fonctionnement asynchrone lorsque l'excitation est nulle.

CD 621.34 :622.323

Fransus Al. : **Certaines perspectives du développement de la commande électrique dans le forage des sondes pétrolières et de gaz**

Electrotehnica *8* (1960) 10 , 356—361

L'auteur présente d'une manière critique certaines méthodes d'amélioration de la commande électrique dans le forage des sondes, telles : l'accroissement de la puissance des moteurs d'entraînement du treuil et des pompes ; le changement du schéma de commande des pauses afin d'obtenir un facteur de puissance meilleur pour l'installation toute entière ; l'utilisation de nouveaux moyens de freinage (freins électriques), l'amélioration de l'installation de démarrage et et de réglage.

POUR LE JEUNE INGÉNIEUR

CD 621.315.5.052.32

Adămuț I. : **Considérations sur la détermination des dimensions du conducteur neutre des réseaux aériens**

Electrotechnica *8* (1960) 10, 361—367

L'article présente certains aspects théoriques concernant la valeur du courant dans le conducteur neutre, aspects dont les conséquences seraient à a base de la révision des conceptions actuelles sur l'établissement des projets et sur l'exploitation des réseaux électriques aériens à basse tension.

NOTES

CD 621.839.8 :621.318.22

Sprînceană N. : **Couples électromagnétiques à poudre**

Electrotehnica *8* (1960) 10, 367—369

Après quelques considérations sur l'utilisation des couples électromagnétiques à poudre spécialement dans le domaine des commandes électriques, l'auteur présente le principe de fonctionement et analyse les caractéristiques des matériaux utilisés pour leur réalisation.

DOCUMENTATION, 369—372

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ȘI AL MINISTERULUI INDUSTRIEI GRELE

Anul 8 nr. 10 București, octombrie 1960

Verificarea izolației mașinilor electrice cu tensiune redresată continuu

Constantin Apetrei * — București

În exploatarea de lungă durată a mașinilor electrice apar defecțiuni de izolație provenite dintr-o tehnologie necorespunzătoare sau în urma îmbătrînirii naturale a materialelor izolante.

Dintre metodele de măsură și control a calității izolației, cea cu tensiune redresată continuă este astăzi în centrul atenției, deoarece ea ar putea deveni o încercare tip cu numeroase avantaje față de metodele în curent alternativ.

Se prezintă stadiul ultimelor cercetări în această problemă inclusiv unele rezultate experimentale obținute de către autor.

CZ 621.313 :621.317.333.6.024

1. Problema

Verificarea și încercarea preventivă a izolației mașinilor electrice rotative prezintă o importanță deosebită pentru buna comportare a mașinii în condițiile exploatării; de aceea, normele de stat și interne ale uzinelor constructoare de mașini prevăd un program larg de încercări a izolației mașinii atît în timpul procesului de fabricație cît și ulterior în perioada funcționării ei în exploatare [1], [2]. Se măsoară rezistența izolației, se încearcă izolația la proba de durată la tensiune alternativă mărită, se determină tangenta unghiului de pierderi și capacitatea izolației, se determină experimental curba curentului de absorbție etc.

Încercările menționate dau însă, indicații doar asupra stării globale a izolației, de obicei prin comparație cu rezultatele unor încercări anterioare; în cadrul încercărilor nedestructive nu se scot în evidență locurile slabe ale izolației și nu se obțin decît indicații aproximative asupra comportării izolației în condițiile de lucru ale exploatării.

Această situație a condus la studiul intim al fenomenelor privitoare la comportarea izolației mașinilor electrice, supusă acțiunii unor tensiuni de serviciu sau mai mari, precum și la căutarea și stabilirea unor noi metode de încercare a izolației mașinilor electrice. Pe această linie, se înscriu studiile efectuate în ultimul timp asupra încercării izolației mașinilor electrice rotative în curent continuu [3], [4], [5], [6]. În cadrul acestor cercetări se urmărește elucidarea fenomenelor care au loc la încercarea izolației mașinii în curent continuu și stabilirea criteriilor care pot transforma metoda de încercare în curent continuu într-o metodă de încercare tip, atît a mașinilor noi cît și a mașinilor din exploatare.

Încercarea izolației mașinilor electrice în curent continuu prezintă avantaje față de încercarea în curent alternativ, fapt care explică amploarea cercetărilor duse în acest domeniu în ultimul timp; dintre acestea amintim:

a) „oboseala" dielectricului la încercarea în curent continuu este mai mică decît în cazul încercării în curent alternativ;

b) datele obținute la încercarea în curent continuu pot da unele indicații asupra comportării probabile a izolației în condițiile exploatării permițînd și detectarea locurilor slabe ale izolației;

c) datele stabilite la încercarea în curent continuu pot sluji la determinarea indirectă a unor caracteristici ale izolației în curent alternativ la o frecvență oarecare; astfel, determinarea experimentală a legii de variație a curentului de absorbție în funcție de timp permite determinarea pe cale grafoanalitică a tg δ și capacității echivalente a izolației mașinii sub acțiunea unei tensiuni alternative de o frecvență dată;

* Ing. *C. Apetrei* este director adjunct științific al Institutului de Energetică al Academiei R.P.R. și conferențiar la Institutul Politehnic-București.

d) costul, greutatea și ancombramentul instalației necesare încercării în curent continuu sînt cu mult mai mici în comparație cu instalația în curent alternativ ca urmare a puterii mici necesară încercării.

Pe lîngă aceste avantaje, metoda prezintă și unele dificultăți: cercetările fiind încă la început lipsesc normele care să precizeze condițiile metodice ale încercării, ceea ce îngreuiază compararea rezultatelor obținute și stabilirea unor concluzii generale; experiențele necesită un timp mai mare și cer o îndemînare deosebită din partea operatorului; este mult controversată, în prezent, problema suprasolicitării izolației capetelor de bobină la încercarea în curent continuu în comparație cu încercarea în curent alternativ etc.

Scopul articolului de față constă în prezentarea stadiului și rezultatelor cercetărilor duse în această problemă în străinătate precum și în prezentarea primelor încercări ale izolației mașinilor electrice rotative executate în R.P.R.; se vor avea în vedere în primul rînd mașinile cu tensiuni înalte de ordinul kV.

2. Străpungerea izolației la încercarea în curent continuu și curent alternativ

După teoriile actuale, străpungerea dielectricilor solizi și lichizi poate fi de natură termică sau electrică. Străpungerea termică are loc în cazul cînd concomitent cu creșterea tensiunii aplicate, crește și conductivitatea izolației; curentul prin izolație în aceste condiții crește rapid îndeosebi pe seama curenților locali dirijați prin locurile de mare conductivitate. Procesul se dezvoltă ciclic, temperatura dielectricului putînd crește în mod continuu, sau, tinde către o valoare constantă mai mare decît temperatura locală inițială; ca urmare a străpungerii termice, locurile străpunse își pierd calitățile dielectrice.

Străpungerea termică are loc de obicei în cazul cînd izolația este supusă unei încercări cu tensiune alternativă, curenții, în acest caz, fiind de sute de ori mai mari decît curenții din cazul încercării izolației la tensiune continuă (dacă tensiunea continuă este egală cu valoarea eficace a tensiunii alternative).

Străpungerea termică sub acțiunea tensiunii continue este puțin probabilă, chiar în cazul cînd timpul de acționare al tensiunii mărite este relativ mare, de ordinul zecilor de minute [1].

Străpungerea electrică poate avea loc cînd electronii liberi sub influența cîmpului electric exterior se deplasează în rețeaua cristalină a dielectricului și acumulează suficientă energie cinetică pentru ionizarea elementelor moleculare dispuse în nodurile rețelei cristaline; ionizarea unor elemente poate conduce la ionizarea ulterioară în avalanșă a altor elemente și determină în ultimă analiză, străpungerea în mod analog străpungerii în gaze. Străpungerea electrică a dielectricului se poate produce sub acțiunea unei tensiuni de încercare continue sau alternative; în acest caz, străpungerea este însoțită de creșterea curentului prin izolație însă nu întotdeauna duce la pierderea propietăților dielectrice a locurilor străpunse.

Străpungerea prin ionizare, tot de natură electrică, are loc în condiții analoge cu străpungerea prin gaze și se manifestă atunci, cînd în izolație se găsesc goluri pline cu gaze; sub influența ionizării, golurile existente se pot mări și conduce ulterior la străpungerea izolației. Străpungerea prin ionizare conduce de obicei la pierderea calităților dielectrice a locurilor străpunse.

Străpungerea prin ionizare deși poate avea loc atît sub acțiunea tensiunii continue cît și sub acțiunea unei tensiuni alternative, solicitarea izolației în primul caz are loc în condiții cu mult mai ușoare.

Într-adevăr, în cazul încercării în curent continuu, ionii care se formează încarcă electric suprafața interioară a cavității și în acest mod apare un cîmp electric de sens invers față de cîmpul exterior inițial; din această cauză descărcarea în canalul conductor format este frînată și poate să aibă loc doar în altă zonă a cavității; canalul sarcinii „fuge" pe suprafața interioară și descărcarea poate avea loc în momentul cînd tensiunea în spațiul interior atinge valoarea tensiunii de străpungere; în acest moment apare un șoc al curentului care se amortizează cu o mare rapiditate.

În cazul încercării în curent alternativ, schimbarea polarității cîmpului sarcinii de pe suprafața cavității coincide cu sensul cîmpului primar, deci acțiunea de străpungere este accelerată și intensificată; tensiunea în alternativ ca și timpul necesar descărcării în acest caz sînt mai mici. În golurile de aer, ionizarea creează fluxuri de electroni și ioni, care la fiecare alternanță a cîmpului bombardează pereții cavității; acest fenomen poate duce la distrugerea mecanică și degradarea chimică a dielectricului.

Succinta prezentare a fenomenului străpungerii izolației mașinilor electrice arată că „oboseala" respectiv, degradarea calităților dielectrice ale izolației la încercarea cu tensiune redresată este mai mică decît în cazul încercării cu tensiune alternativă.

3. Repartiția tensiunii în zona capetelor de bobină la încercarea cu tensiune alternativă și continuă

3.1. Izolația mașinilor electrice, în zona capetelor de bobină, sub acțiunea unei tensiuni alternative în regim staționar, poate fi reprezentată printr-o schemă echivalentă în care

intervin rezistențele și capacitățile dielectricului conectate ca în figura 1, *a*.

La încercarea cu tensiune continuă, cu excepția regimului tranzitoriu inițial, cînd izolația mașinii se comportă ca o rețea de rezistențe și capacități care se încarcă, izolația poate fi reprezentată ca o rețea de rezistențe a cărei schemă echivalentă este redată în fig. 1, *b*.

Considerînd cunoscută legea de variație a tensiunii de-a lungul înfășurării, în cazul cînd izolația mașinii se găsește sub acțiunea unei tensiuni alternative [8], repartiția tensiunii în zona capetelor de bobină, la încercarea izolației în curent continuu, poate fi determinată dacă se pornește de la schema echivalentă reprezentată în figura 1, *b*.

Dacă se notează cu:

$2l$ — lungimea părții frontale a bobinajului;

U_i — tensiunea redresată de încercare;

R,r — rezistența volumetrică respectiv rezistența superficială a izolației pe unitatea de lungime, ecuațiile diferențiale ale tensiunii și curentului pot fi scrise sub următoarea formă:

$$\frac{\partial U}{\partial x} = Ir \tag{1}$$

$$\frac{\partial I}{\partial x} = -\frac{U_i - U}{R}$$

Prin diferențierea primei ecuații și înlocuirea lui $\frac{\partial I}{\partial x}$ cu expresia sa din cea de a doua ecuație, se obține:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{r}{R}(U_i - U) = 0 \tag{2}$$

Dacă se notează cu: $\alpha = \sqrt{\frac{r}{R}}$, soluția ecuației (2) se poate scrie sub forma:

$$U = A\,e^{\alpha x} + B\,e^{-\alpha x} + U_i\,. \tag{3}$$

Curentul se poate determina din expresia:

$$I = \frac{\alpha}{r}(A\,e^{\alpha x} - B\,e^{-\alpha x}) \tag{4}$$

Constantele de integrare A și B se determină din condițiile la limită:

$x = 0$ — (în vecinătatea crestăturii statorului), $U = 0$;

$x = l$ — (extremitatea capătului de bobină), $I = 0$.

$$A = -U_i \frac{e^{-\alpha l}}{e^{\alpha l} + e^{-\alpha l}} \tag{5}$$

$$B = -U_i \frac{e^{\alpha l}}{e^{\alpha l} + e^{-\alpha l}}$$

Înlocuind (5), în (3) și (4) se obține legea de variație a tensiunii U și curentului I în zona capetelor de bobină:

$$\frac{U_i - U}{U_i} = \frac{\operatorname{ch}\alpha l\left(1 - \frac{x}{l}\right)}{\operatorname{ch}\alpha l} \tag{6}$$

$$I = \frac{\alpha U_i \operatorname{sh}\alpha l\left(1 - \frac{x}{l}\right)}{\operatorname{ch}\alpha l} \tag{7}$$

În figura 2 s-au reprezentat curbele de variație ale tensiunii pentru diferite valori ale

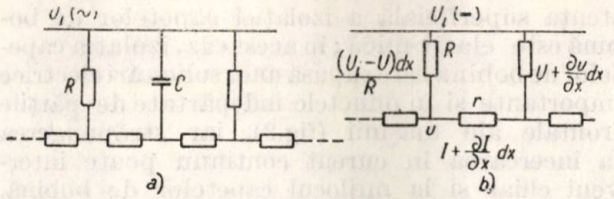


Fig. 1. Schemele echivalente ale izolației mașinilor electrice sub acțiunea tensiunii alternative (*a*) și continue (*b*) în regim staționar.

produsului αl conform datelor din [3]; din examinarea curbelor se poate observa că în cazul unor rezistențe superficiale relativ mici (r mic în raport cu R — cazul cînd bobinajul este umed sau acoperit cu praf) tensiunea de-a lungul părții frontale a bobinajului rămîne practic constantă, iar extremitățile capetelor de bobină sînt puternic solicitate; în cazul cînd rezistența superficială a izolației este relativ mare tensiunea de-a lungul capetelor de bobină variază în limite largi descrescînd către extremitatea acestora.

3.2. Determinarea legii de repartiției a tensiunii și curentului în zona capetelor de bobină, deși a fost efectuată în cadrul unor ipoteze simplificatorii, poate da totuși, unele indicații asupra comportării izolației mașinii la încercarea cu tensiunea redresată, problemă, care, în prezent după cum s-a amintit, este foarte

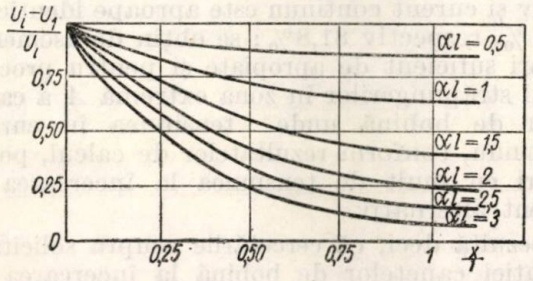


Fig. 2. Variația tensiunii în zona capetelor de bobină.

mult controversată în literatura de specialitate.

Conform rezultatelor de calcul apariția străpungerilor parțiale în zona capetelor de bobină este determinată în principal de valoarea rezistenței superficiale; într-adevăr, la valori relativ

ridicate ale acestei rezistențe tensiunea descrește rapid, în lungul bobinajului, devenind neglijabilă către extremitatea capetelor de bobină; în aceste cazuri în zona extremității bobinajului este puțin probabilă străpungerea; la valori foarte mici ale rezistenței tensiunea rămîne practic constantă pe toată lungimea capetelor de bobină, iar la apariția unei străpungeri, procesul poate evolua pînă la completa perforare a izolației.

Rezultă deci, că repartiția tensiunii la încercarea în curent continuu — repartiție rezistivă — poate diferi de repartiția la încercarea în curent alternativ, îndeosebi în cazul cînd rezistența superficială a izolației capetelor de bobină este elativ mică; în acest caz, izolația capetelor de bobină este supusă unor solicitări electrice importante și în punctele îndepărtate de părțile frontale ale mașinii (fig.2), iar străpungerea la încercarea în curent continuu poate interveni chiar și la mijlocul capetelor de bobină. Ca atare, ar rezulta că la o asemenea încercare se suprasolicită izolația capetelor de bobină tocmai în acea zonă care, în general, este caracterizată de un coeficient de siguranță din punct de vedere dielectric cu mult mai mic decît cel corespunzător porțiunii liniare a înfășurării, de obicei izolația capetelor de bobină nu este supusă presării la cald, iar grosimea ei descrește pe măsură ce ne îndepărtăm de partea dispusă în crestăturile mașinii.

Aceste concluzii stabilite pe baza rezultatelor teoretice și a unor experiențe pe modele nu sînt verificate pînă în prezent după cum nu sînt nici infirmate de experiențele făcute pe mașini reale.

Astfel, încercările executate în Franța, de către G. Leroy [3] nu permit stabilirea unor concluzii privitoare la comportarea diferită a izolației capetelor de bobină la încercările în curent continuu și curent alternativ.

Conform acestor rezultate (tabela 1), se poate observa că procentajul străpungerilor în zona capetelor de bobină în curent alternativ și curent continuu este aproape identic — 81,1%, respectiv 81,8%; se obțin de asemenea valori suficient de apropiate și pentru procentajul străpungerilor în zona extremă *A* a capetelor de bobină unde tensiunea în curent continuu, conform rezultatelor de calcul, poate diferi cu mult de tensiunea la încercarea în curent alternativ.

Rezultă deci, că cercetările asupra solicitării izolației capetelor de bobină la încercarea cu tensiune redresată în comparație cu solicitările la încercarea în curent alternativ nu permit în prezent stabilirea unor rezultate definitive; în această direcție mai sînt necesare studii și îndeosebi stabilirea și acumularea de noi date experimentale care să permită localizarea străpungerilor izolației în zona capetelor de bobină pe bază statistică.

Tabela 1

Încercări	Numărul de perforări intervenite					
	Zona capetelor de bobină			Zona dreaptă a bobinajului		Total
	*A**	*B**	*C**	*D**	*E**	
Încercări în c.a.	39	21	60	26	2	148
Încercări în c.c.	39	31	33	21	2	126
Încercări în c.a. (%)	26,4	14,2	40,5	17,6	1,3	100
Încercări în c.c. (%)	31	24,4	26,4	16,6	1,6	100

* *A* — străpungerea între capete de bobină vecine în zona extremă;
B — străpungerea între capete de bobină vecine în zona conexiunilor bobinelor;
C — străpungerea capătului de bobină la masă;
D — străpungerea tubului izolant (teacă) la masă; la ieșirea din crestătură;
E — străpungerea tubului izolant — la masă în interiorul crestăturii.

4. Schema și metodica de încercare a izolației în curent continu

4.1. Pentru încercarea izolației mașinilor electrice la tensiune continuă mărită este necesar următorul aparataj minim: transformator de încercări cu dispozitiv de reglare fină a tensiunii pe partea de joasă tensiune, dispozitiv de redresare a sursei de curent alternativ, instalație pentru filtrarea tensiunii redresate, instalație de protecție împotriva supracurenților, aparataj de măsură a tensiunii aplicate și a curentului, sonde pentru aplicarea tensiunii etc.

De obicei, aparatajul și schema de încercare depind de mărimea tensiunii la care se execută măsurătorile. La tensiuni relativ mici

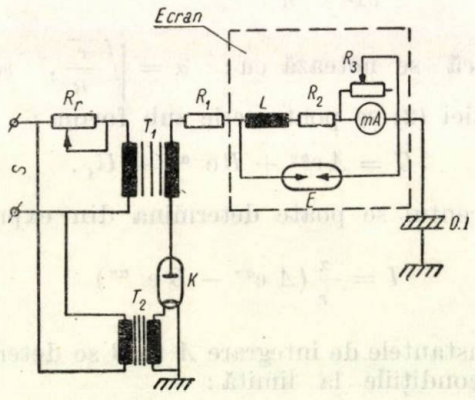


Fig. 3. Schema de principiu pentru încercarea izolației mașinilor electrice cu tensiune redresată:
T_1 — transformator de alimentare; T_2 — transformator pentru încălzire; K — kenotron; R_1 — rezistența pentru limitarea curentului; R_2, L, E — rezistență, inductanță și eclator pentru protecția aparatului; R_3 — rezistență pentru șuntarea aparatului; *O.I.* — obiectul de încercat.

de ordinul (500—2 500) V se utilizează megohmetre catodice [1].

La tensiuni de încercare mai mari se utilizează instalații cu kenotroane, care pot diferi

între dînsele: după numărul kenotroanelor — unul sau două kenotroane; după locul de dispunere a acestora în schemă — cu sau fără legarea kenotroanelor la pămînt; după locul de conectare al aparatajului de măsură al curentului — între obiectul de măsurat și pămînt sau între kenotron și obiect; după starea obiectului față de pămînt — obiectul conectat sau nu la pămînt etc.

În figura 3 s-a reprezentat schema principială a instalației de încercare cu un singur kenotron conectat la pămînt, cu aparatul de măsură conectat între kenotron și obiect; obiectul de încercat are un electrod pus direct la pămînt.

La încercarea izolației mașinilor electrice în curent continuu se determină de obicei: curba, curentului de absorbție — $i_{ab} = f(t)$ — și curba curentului de conducție sau rezistența izolației în funcție de tensiune — $i_c = \varphi(U)$; $R_{iz} = \psi(U)$.

În ultimul caz, măsurătorile trebuie efectuate la intervale de timp bine determinate pentru a se putea calcula corect valorile curentului de regim; timpul după care se fac citirile poate să varieze în limite largi: de la $1 \div 15$ min.

Intreaga operție, a măsurătorii este o operație delicată, care trebuie făcută cu multă atenție, rezultatele experienței depinzînd în primul rînd de modul și exactitatea cu care s-au efectuat măsurătorile curenților; din acest punct de vedere urmează a se aprecia efectul curenților paraziți din schemă, care pot introduce erori importante.

Asupra rezultatelor experimentale poate să influențeze de asemenea forma tensiunii aplicate; standardizarea acestei tensiuni, operație neefectuată pînă în prezent, ar mări posibilitățile de comparare a rezultatelor experimentale obținute de diferiți cercetători.

Coeficientul de echivalență K se definește ca raportul dintre valoarea tensiunii redresate și valoarea efectivă a tensiunii alternative la încercarea izolației mașinii.

4.2. Coeficientul de echivalență se introduce pentru determinarea tensiunii de încercare în curent continuu a izolației mașinilor noi în funcție de tensiunea de la încercarea de durată în alternativ — încercarea de 1 min. De aici rezultă importanța practică a determinării valorii coeficientului de echivalență în sensul definirii unei valori unice, care să servească la stabilirea tensiunii de încercare în curent continuu la încercarea tip de durată a izolației mașinilor noi construite. Coeficientul de echivalență poate fi determinat prin mai multe metode.

a) O primă metodă, practicată îndeosebi în S.U.A. [4], [5] constă în determinarea tensiunii de străpungere în curent continuu prin extrapolarea curbei curentului în funcție de tensiune și străpungerea efectivă a izolației în curent alternativ; metoda respectivă conduce la valori ale lui K, cuprinse între 1,2 și 1,8 și este afectată de erori introduse la extrapolarea curbei curentului.

b) O a doua metodă constă în divizarea înfășurării în elemente, pe cît posibil identice și încercarea lor la tensiunea de străpungere, parte în curent continuu și parte în curent alternativ; rezultatele unor asemenea încercări conduc la valori ale coeficientului de echivalență cuprinse între 1,6 și 2,6. De obicei, valorile inferioare caracterizează izolația înfășurărilor unor mașini cu o durată în serviciu relativ mare iar valorile superioare izolația înfășurărilor unor mașini noi. Metoda poate fi afectată de erori introduse de starea diferită a izolației elementelor înfășurării supuse încercării în curent continuu, respectiv în curent alternativ.

c) O a treia metodă mai recentă constă în următoarele: elementul încercat este supus la tensiune continuă variată convenabil pînă la valoarea de străpungere; după o prealabilă încercare executată tot în curent continuu în condiții asemănătoare și care în fond urmărește verificarea stării izolației *, se execută perforarea izolației în curent alternativ. Principiul metodei se bazează pe constatarea că în cazul mașinilor electrice străpungerea izolației înfășurării în curent continuu nu conduce la degradarea și pierderea simțitoare a calităților dielectrice și ca atare, izolația poate fi străpunsă în curent continuu de mai multe ori fără ca tensiunea de străpungere să varieze sensibil. Cu toate că încercarea repetată a izolației în curent continuu, nu poate să nu influențeze comportarea ei la încercarea ulterioară în curent alternativ, rezultatele obținute sînt comparabile cu cele stabilite prin metodele anterioare conducînd la valori ale coeficientului K cuprinse între 1,2 și 1,85 [3].

Din cele expuse rezultă că valoarea coeficientului de echivalență variază în limite largi, depinzînd de metoda de determinare, de natura și starea izolației înfășurărilor mașinii.

Dacă din valorile posibile ale lui K se elimină valorile inferioare, acestea fiind de obicei caracteristice pentru înfășurări cu izolația în stare degradată, ca și valorile superioare pentru evitarea unor eventuale suprasoclicitări, se poate reține ca valoare medie a coeficientului de echivalență valori de ordinul $1,6 \div 1,8$; aceste valori pot fi recomandate pentru determinarea tensiunii de încercare în curent continuu la proba tip de verificare a izolației mașinilor noi.

* Dacă tensiunea de străpungere în a doua încercare diferă cu mai puțin de 5% față de tensiunea de la prima încercare se poate considera că starea izolației nu a suferit simțitor.

4.3. Încercarea tip la tensiune continuă de valoare corespunzătoare coeficientului de echivalență poate fi evident utilizată și în cazul verificării izolației mașinilor din exploatare. Această încercare nu dă totuși indicații suplimentare asupra stării și comportării izolației la tensiuni mai mici decît tensiunile de străpungere. De aceea, pentru izolația mașinilor din exploatare, este indicat ca, pe lîngă determinarea curbei curentului de absorbție, să se ridice și curba de variație a curentului de conducție în funcție de tensiunea aplicată, variată în trepte în mod progresiv (treptele de tensiune pot varia între 0,5—5 kV).

În principiu, prin încercările efectuate se urmărește stabilirea unei metodici de verificare a izolației în curent continuu care să poată da indicații asupra stării și comportării ei ulterioare în exploatare.

În literatură se propun diferite moduri de interpretare a rezultatelor experimentale stabilite :

a) O primă metodă constă în extrapolarea curbei curentului sau a rezistenței izolației în funcție de tensiune în vederea predeterminării tensiunii de străpungere a înfășurării ; această metodă este promovată îndeosebi de către literatura de specialitate din S.U.A. [4], [5].

Principiul acestei metode se bazează pe constatarea că în cazul tensiunilor relativ mici, curenții de conducție care prezintă un caracter difuz, repartizați în tot volumul dielectricului, au o variație liniară în funcție de variația tensiunii ; însă, în cazul unor tensiuni mari, punctele slabe ale izolției conduc la pierderea acestei liniarități, curentul de conducție local devenind preponderent în raport cu curentul difuz. Panta curbei curent-tensiune în aceste condiții se mărește pe măsură ce ne apropiem de tensiunea de străpungere,.

Cu toate acestea, rezultatele experimentale stabilite pînă în prezent,arată că determinarea tensiunii de străpungere prin extrapolarea curbei curent-tensiune, conduce în majoritatea cazurilor la concluzii eronate ; această situație explicată în diferite moduri, nu este studiată însă în măsură suficientă pentru a se putea stabili concluzii definitive.

b) O a doua propunere făcută de G. L e r o y și de A. W i c h m a n n [6] constă în introducerea așa numitului criteriu „al pantei reduse în raport cu legea lui Ohm" ; acest criteriu definit de o expresie de forma :

$$e = R_0 \frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}u} \qquad (8)$$

în care, R_0 reprezintă rezistența de conducție în joasă tensiune, are drept scop evaluarea importanței curentului local în punctele slabe ale izolației în raport cu curentul difuz.

Valoarea raportului definit de (8) este evident egală cu unu în zona liniară a conducției difuze și crește rapid luînd valori supraunitare în zona neliniară apropiată de tensiunea de străpungere a izolației.

Primele cercetări efectuate pentru precizarea valorii lui e au condus, pentru cazul cînd tensiunea aplicată izolației constituie circa 90% din tensiunea de străpungere, la valori de ordinul 6—7. Cercetările ulterioare au arătat că aceste valori pot fi depășite cu mult. Tabela 2 conține datele obținute de G. L e r o y la încercarea a două mașini de 10 kV sacrificate. Diferențele mari înregistrate pot fi datorate preciziei diferite cu care au fost executate experimentările.

În prezent, datele experimentale acumulate nu permit adoptarea unei valori bine determinate pentru raportul definit de relația (8);

Tabela 2

Mașina	Nr. încercărilor	Tensiunea de străpungere kV	e la 90% din tensiunea de străpungere
1	1	26	43
	2	36	26
	3	36	60
	4	32	95
	5	26	38
	6	22	30
2	7	34	240
	8	30	45
	9	34	38

totuși, valorile indicate inițial, de ordinul a 5—7 pot fi depășite cu certitudine, în cazul cînd măsurătoarea curentului se face cu suficientă exactitate.

Deși în exploatare utilizarea criteriului enunțat este discutată, totuși în etapa actuală a cercetărilor, se poate considera că valoarea produsului $R_0 \frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}te}$ poate servi ca element de comparație pentru mașini asemănătoare sau pentru părți ale aceluiași bobinaj cum și pentru urmărirea evoluției stării izolației mașinii în timp.

5. Rezultate experimentale

5.1. Pentru verificarea calitativă a unor probleme expuse în lucrare au fost efectuate cîteva încercări preliminare.

Au fost încercate 5 motoare asincrone cu $P = 200$ kW și $U = 6$ kV ; izolația înfășurărilor indusului de construcție normală corespunzătoare clasei de izolație 6 kV : micafoliu și micabandă.

Experiențele au fost executate, parte la Centrala Electrică Doicești *, parte în atelierele Intreprinderii Regionale de Electricitate din București.

Au fost efectuate încercări în curent continuu și curent alternativ. În curent continuu s-a aplicat tensiunea variabilă în trepte — treapta de 1 kV — și s-a citit curentul de conducție după un interval de timp de 1 min; curentul de absorbție s-a amortizat cu constante de timp foarte mici — 1 s, sau mai mici. S-a ridicat curba curent-tensiune pentru verificarea criteriului $R_0 \frac{di}{du}$ și s-au făcut determinări pentru aprecierea coeficientului de echivalență K.

Dintre mașinile verificate, doar una a putut fi sacrificată încercîndu-se la tensiuni pînă la străpungere.

5.2. Rezultatele stabilite la încercarea primelor patru mașini sînt redate în tabela 3; aici sînt indicate valorile curentului de conducție în μA.

Mașina încercată M_1 a avut înfășurarea rebobinată, lăcuită și uscată; probele s-au efectuat după circa 2 săptămîni de la uscare. Mașina M_2 a avut înfășurarea încercată în starea în care se găsea după scoaterea ei din exploatare — mașina s-a scos din exploatare în urma scurtcircuitului dintre spire în zona capetelor de bobină. Mașinile M_3 și M_4 au fost rebobinate iar după impregnare și uscare au fost lăsate în ateliere, prima 6 luni a doua, 2 ani.

În figura 4 s-au reprezentat curbele $i_c = f(U)$ conform datelor indicate în tabela 3; pentru mașinile rebobinate M_1, M_3, M_4 valoarea produsului $R_0 \frac{di}{du}$, determinată la tensiunea aplicată maximă, este egală cu aproximativ 5; la mașina M_2 valoarea aceluiași produs este cu mult mai mare: circa 23. În toate cele 4 cazuri alura curbei $i_c = f(U)$ indică existența unei rezerve mari dielectrice pentru izolație.

5.3. Izolația înfășurării mașinii sacrificate M_5 era acoperită cu praf și prezenta umezeală și umflături în zona capetelor de bobină.

Experiențele asupra mașinii M_5 au constat în următoarele: s-a măsurat inițial ,rezistența izolației înfășurării pentru 2 faze cu inductorul și s-au stabilit valorile 800 repspectiv 760 MΩ.

S-a încercat o fază la tensiune redresată ridicîndu-se tensiunea în trepte pînă la 14 kV. În tabela 4 sînt indicate datele măsurate iar în figura 5 s-a reprezentat curba $i_c = f(U)$.

La tensiunea $U = 14$ kV a avut loc străpungerea în zona capetelor de bobină; străpungerea a apărut la o tensiune relativ joasă deoarece elementele uneia din celelalte faze în zona

Tabela 3

Mașina	Tensiunea (kV)																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
M_1	—	2,50	4,00	5,47	5,95	8,00	9,46	10,8	12,00	13,25	15,95	19,00	21,00	27,00	28,90	—	—	—	—	—
M_2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11,00	14,00	17,10	21,90	27,90	33,30	39,60	50
M_3	2,00	4,00	6,00	8,00	10,00	13,05	15,90	19,05	22,00	26,00	30,05	34,30	40,00	43,70	53,50	—	—	—	—	—
M_4	2,00	4,00	6,00	9,00	11,50	13,50	17,10	19,05	22,00	25,00	27,50	30,70	33,15	40,00	44,20	50,00	54,70	62,00	79,09	80,00

* Experiențele de la termocentrala Doicești au fost executate de Ing. I. Mihailovici

Tabela 4

U(kV)	9	10	11	12	13	14
i_c (μA)	10	18	20	30	40	50

respectivă erau lipite de bobinajul fazei încercate. Valoarea produsului $R_0 \frac{di}{du}$ la $U = 0{,}9\,U_s$, în acest caz, este egală aproximativ cu 7,2.

După îndepărtarea fazei deteriorate din zona străpunsă la experiența anterioară, s-a supus din nou faza întîia acțiunii tensiunii redresate; s-a variat tensiunea pînă la $U = 18{,}5$ kV cînd a apărut străpungerea, în zona de ieșire a bobinajului din teacă, la masă. S-a repetat experiența, tensiunea ridicîndu-se însă în acest caz numai pînă la 18 kV; pînă la această tensiune nu a apărut străpungerea izolației.

Aceleiași faze, ulterior, i s-a aplicat tensiune alternativă; străpungerea în alternativ a avut loc la 10 kV; rezultă că valoarea coeficientului de echivalență K, determinată după această metodă, este egală cu 1,85.

Străpungerea în curent alternativ s-a produs în același loc ca în curent continuu.

Faza a doua a mașinii M_5 s-a încercat în curent alternativ pînă la străpungere; tensiunea de străpungere a fost de 8 kV; locul străpuns s-a situat în zona capetelor de bobină, între bobine la curbarea acestora.

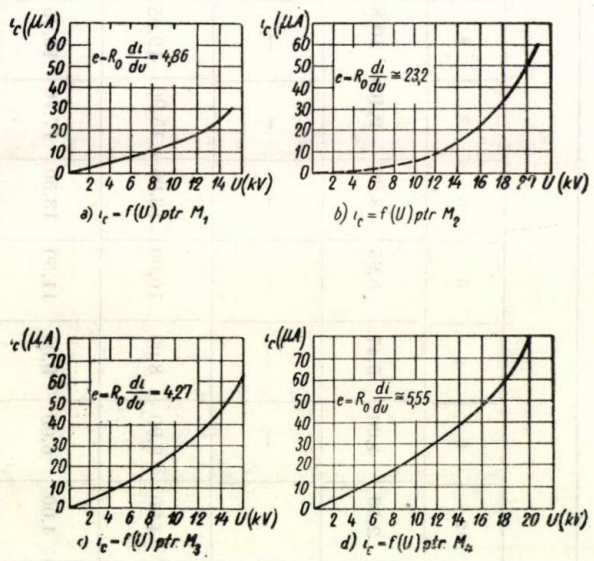


Fig. 4. Curbele $i_c = f(U)$ pentru mașinile M_1, M_2, M_3, M_4.

Repetată încercarea în curent alternativ, străpungerea s-a produs la $U = 7{,}5$ kV; supusă ulterior la tensiune continuă, străpungerea a avut loc la $U_{cc} = 15$ kV; rezultă un coeficient de echivalență egal cu aproximativ 2.

Străpungerile care au avut loc în curent alternativ nu au deteriorat locul străpuns — carbonizare etc. — deoarece puterea limitată a instalației de înaltă tensiune nu a permis acest lucru.

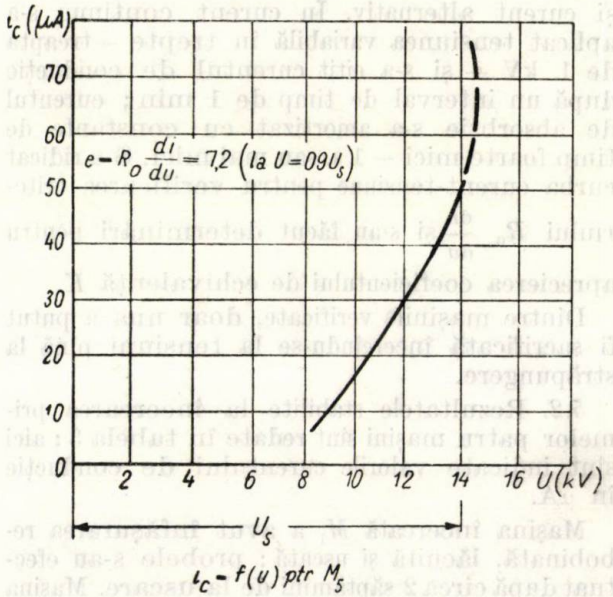


Fig. 5. Curba $i_c = f(U)$ pentru mașina M_5.

6. Concluzii

6.1. Metoda încercării izolației mașinilor electrice cu tensiune continuă mărită, prezintă numeroase avantaje economice și de exploatare. Instalația de încercare în curent continuu, față de cea în curent alternativ, este mai ieftină, mai ușoară și are un gabarit cu mult mai mic; rezultă că o asemenea instalație poate fi concepută ca o instalație mobilă petru măsurători în diferite locuri.

6.2. Problema încercării dielectricilor la tensiune continuă constituie obiectul de cercetare a multor organizații constructoare și de exploatare a mașinilor electrice; în acest domeniu, s-a acumulat un vast material experimental îndeosebi privitor la aprecierea coeficientului de echivalență și deci la determinarea condițiilor de încercare tip a izolației mașinilor noi; sînt încă multe aspecte insuficient analizate cum ar fi: repartiția tensiunii în zona capetelor de bobină a înfășurării, influența umezelii și a altor factori asupra stării izolației etc.

Determinarea tensiunii de străpungere prin extrapolarea curbei curent-tensiune sau introducerea criteriului pantei raportate la legea lui Ohm pentru aprecierea stării izolației mașinilor din serviciu, constituie încă probleme discutabile, care în faza actuală de cercetare nu permit generalizarea metodei.

6.3. Simplitatea metodei, utilajul ieftin, ușor și puțin ancombrant face recomandabilă utilizarea metodei în curent continuu pentru verificarea stării izolației atît pentru mașinile noi,

cît şi pentru maşinile din exploatare. Completarea încercărilor făcute în curent alternativ cu încercările în curent continuu va conduce la mărirea gradului de siguranţă în funcţionarea maşinilor, la calculul şi alegerea izolaţiei maşinilor fabricate în mod mai economic pe baze ştiinţifice noi.

Cercetările începute în ţara noastră în acest domeniu merită a fi continuate,deoarece ele sînt actuale şi importante pentru practică.

Bibliografie

[1] *Borisoglebschi P.V.*: Bazele fizice şi metodele pentru încercarea preventivă a izolaţiei industriale. Traducere din limba rusă. Editura Energetică de Stat, Bucureşti, 1953.

[2] * * * Instrucţiuni pentru executarea încercărilor şi a măsurărilor preventive asupra echipamentului electric, în timpul exploatării şi cu prilejul reparaţiilor. Editura Energetică de Stat, Bucureşti, 1955.

[3] * * * Încercări ale dielectricilor şi izolaţiei maşinilor electrice. Materiale ale Comitetului nr. 17, Generatoare CIGRE, 1958, 1959.

[4] *Mulavey I.E.*: Testing of Main Turbine-Generator Instalation — Transactions of the AIEE **74** — partea — III (1955) 152.

[5] *Cameron A.W., Sinclair A.M.*: Experience and Development in Nondestructive D-C Testing for Maintenance of Hig-Voltage Stators, Transactions of the AIEE **74** — partea III (1955) 201.

[6] *Wichmann A.*: Die Isolationsprüfung elektrischer Maschinen mit Gleichspanung ETZ-A **77** (1956) 15.

[7] *Kucinski G.S.*: Formî starenia bumajnomaslinoi izolaţii. Trudî Leningradescovo Politehnicescovo Instituta imeni M.I. Kalinina (1958) 195.

[8] *Koslenko M.P.*: Electriceschie maşinî GEI, 1949

[9] *** Electrotehniceskii spravocinic, GEI, 1952.

Intrat în redacţie la 14 iunie 1960.

Funcţionarea în asincron a turboalternatoarelor

Constantin Bălă * — Bucureşti

Funcţionarea în asincron a turboalternatoarelor apare în exploatare în cazul unor defecte în circuitul de excitaţie sau poate fi prevăzută în mod normal.

Fenomenele ce apar în astfel de situaţii sînt foarte interesante şi uneori complicate. Lucrarea contribuie la lămurirea lor, fiind utilă constructorilor de maşini şi inginerilor din exploatare.

CZ 621.313.322—81 : 621.3.018.46

În exploatarea turboalternatoarelor sincrone poate surveni absenţa temporară a excitaţiei datorită unor defecţuni care apar, fie în sistemul de excitaţie, fie în circuitul de excitaţie al generatorului; în acest caz, maşina iese din sincronism şi trece în regimul de funcţionare de generator sincron, rotorul masiv, înfăşurarea de amortizare şi de excitaţie îndeplinind rolul coliviei de la maşina asincronă.

Se cunosc numeroase cazuri cînd alternatoarele funcţionează subexcitate, datorită capacităţii mari a liniilor de transport, respectiv datorită îmbunătăţirii factorului de putere în circuitele receptoare, prin introducerea compensatoarelor sincrone, a compensatoarelor de fază la motoarele asincrone şi a bateriilor de condensatoare. Funcţionarea generatoarelor sincrone la factor de putere capacitiv ridică cîteva probleme asemănătoare cu cele întîlnite la funcţionarea în asincron a turboalternatoarelor.

Funcţionarea în asincron se impune nu numai datorită necesităţii livrării de putere activă în sistemul electroenergetic fără a supraîncărca celelalte maşini, sau fără a deconecta anumiţi consumatori, ci şi datorită perturbaţiilor pe care le-ar introduce în sistemul electroenergetic, deconectarea unei surse de putere activă pe care o poate livra încă în acest regim; deconectarea maşinii de la sistem impune resincronizarea acesteia după eliminarea defectului apărut şi uneori poate atrage după sine perturbaţii în exploatarea celorlalte agregate.

S-a pus şi problema introducerii în sistem a unor generatoare asincrone în cazul în care excedentul de putere reactivă în sistem este important; simplitatea exploatării acestei maşini şi comportarea favorabilă la şocurile de sarcină impun soluţia de faţă.

În această lucrare se examinează:

— factorii care determină puterea maximă pe care o poate debita turbogeneratorul în funcţionarea în regim asincron;

— fenomenele care se ivesc la trecerea unui turbogenerator de la funcţionare în sarcină în regim sincron, la funcţionarea în asincron.

În încheiere, se prezintă cîteva concluzii referitoare la construcţia turboalternatoarelor şi parametrii acestuia, stabilite în vederea asigurării posibilităţii de funcţionare în regim asincron în cazul absenţei excitaţiei.

A. Factorii care limitează funcţionarea în asincron a turboalternatoarelor

Funcţionarea în asincron a turboalternatoarelor constituie în mod obişnuit un regim special de funcţionare, de scurtă durată, care nu deteriorează maşina, dacă se iau în consideraţie

* Ing. *C. Bălă* este şef de laborator la Institutul de Energetică şi şef de lucrări la institutul Politehnic-Bucureşti.

fenomenele principale care însoțesc acest regim și se stabilește puterea limită pe care o poate debita mașina în sistem.

În acest scop este important să se cunoască încălzirile înfășurărilor și ale părților active ale mașinii sincrone, tensiunea dintre spirele înfășurării de excitație și șocurile produse de oscilațiile puterii active și reactive datorită nesimetriei rotorului, deoarece acestea pot limita funcționarea mașinii în acest regim. Lucrările de specialitate publicate cu privire la această problemă[1], [2], [3], [4] se bazează îndeosebi pe încercările experimentale, ca principală metodă de studiu, efectuate pentru determinarea limitelor admisibile pe care le pot atinge solicitările termice și pentru determinarea stabilității mașinii. S-au publicat și cîteva lucrări în care se stabilesc relații analitice aproximative pentru determinarea puterii active și reactive debitată, respectiv absorbită de mașină la funcționarea în regim asincron, în funcție de parametrii mașinii, și anume de reactanțele și constantele de timp ale înfășurărilor [5], [6], [7], [8], [9]. În lucrările citate nu se analizează problema în toată complexitatea ei, iar concluziile care se stabilesc cu privire la posibilitatea de funcționare a mașinii sincrone în acest regim sînt parțiale.

Factorii principali, care limitează puterea pe care o poate debita mașina în regim asincron sînt :

— încălzirea înfășurărilor din stator și din rotor ;

— încălzirea pieselor feromagnetice frontale care consolidează înfășurarea statorului ;

— limita de stabilitate statică, determinată din curba $P = f(s)$, în care P este puterea activă debitată de mașină în rețea, iar s este alunecarea rotorului față de cîmpul magnetic învîrtitor rezultant.

În anumite cazuri, puterea poate fi limitată și de următorii factori secundari :

— tensiunea dintre spirele înfășurării de excitație indusă de cîmpul magnetic învîrtitor rezultant ;

— oscilațiile mari ale puterii active și reactive datorită anizotropiei magnetice a rotorului ;

— contactele imperfecte dintre miezul rotorului și capele frontale de consolidarea capetelor de bobină ale înfășurării de excitație, respectiv dintre aceste cape și penele de oțel sau de bronz introduse în crestăturile rotorului.

Cunoașterea proceselor care au loc la funcționarea în asincron a turbogeneratoarelor și a factorilor care limitează puterea activă permite să se intervină potrivit în exploatarea mașinilor sincrone și să se adopte o construcție corespunzătoare condițiilor impuse de funcționarea în acest regim. În continuare, se examinează pe rînd factorii limitativi.

1. *Încălzirea înfășurărilor din stator și din rotor.*

La funcționarea în regim asincron, pentru ca încălzirea înfășurării statorului să nu depășească încălzirea nominală, curentul prin această înfășurare trebuie să nu depășească curentul

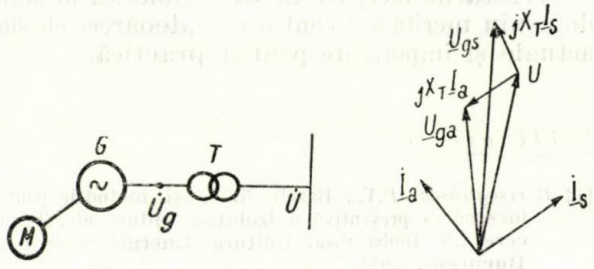


Fig. 1. Schema și diagrama tensiunilor unui turboalternator.

nominal. De fapt, așa cum rezultă din diagrama tensiunilor din figura 1, în situația reală, cînd generatorul G este cuplat la rețea prin transformatorul T, tensiunea U_g la bornele mașinii scade la funcționarea în regim asincron, datorită căderii de tensiune din transformator ; scad totodată pierderile în fier în mașina sincronă și aceasta influențează favorabil asupra încălzirii înfășurărilor.

În regim asincron, mașina ia o putere reactivă de la rețea care se poate determina aproximativ după expresia stabilită de M a m i k o n i a n t [5],

$$Q = -\frac{U_g^2}{2}\left[\frac{1}{X_d}+\frac{1}{X_q}+\left(\frac{1}{X'_d}-\frac{1}{X_d}\right)\frac{s^2\,T'^2_d}{1+s^2\,T'^2_d}+\right.$$
$$\left.+\left(\frac{1}{X''_d}-\frac{1}{X'_d}\right)\frac{s^2\,T''^2_d}{1+s^2\,T''^2_d}+\left(\frac{1}{X''_q}-\frac{1}{X_q}\right)\frac{s^2\,T''^2_q}{1+s^2\,T''^2_q}\right] \quad (1)$$

în care X_d, X'_d, X''_d, X_q, X''_q sînt reactanțele sincrone directe și transversale, T'_d, T''_d, T''_q sînt constantele de timp iar U_g este tensiunea de linie.

Rezerva de putere activă pe care o mai poate debita mașina, este :

$$P = \sqrt{(k_u\,S_n)^2 - Q^2} \quad (2)$$

în care :

S_n este puterea aparentă nominală ; iar $k_u = \frac{U_{ga}}{U_{gsn}}$, U_{gsn} fiind tensiunea nominală a generatorului [k_u depinde de tensiunea de scurtcircuit ε_{sc} a transformatorului și are valoarea maximă $(1 \div 2\ \varepsilon_{sc})$].

La alunecări, mici respectiv la funcționarea în regim sincron, se poate scrie :

$$P = \frac{k_u\,S_n}{X_{dur}}\sqrt{X^2_{dur} - k^2_u} \quad (3)$$

în care :

$X_{d\hat{u}r}$ este reactanța sincronă directă, măsurată în unități relative.

Din această relație rezultă că la S_n dat, puterea activă maximă P pe care o poate debita mașina depinde de reactanța sincronă longitudinală. De fapt, expresia (3) este numai aproximativă, deoarece la funcționarea în sarcină puterea reactivă crește cu alunecarea, așa după cum rezultă din relația (2) și din figura 2, în care sînt reprezentate curbele $P(s)$ și $Q(s)$ ridicate experimental la un turbogenerator de 25 MVA, 6 300 V, 3 000 rot/min, cu care este echipată termocentrala Doicești.

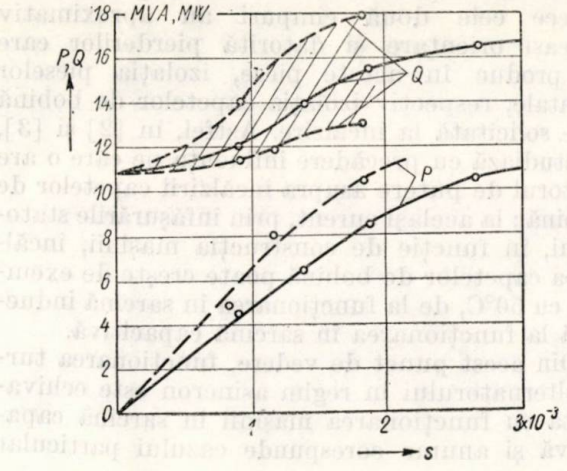


Fig. 2. Puterile active și reactive, în funcție de alunecare la un turboalternator de 25 MVA, 6 300 V, 3 000 rot/min :

– – – – înfășurarea de excitație conectată pe rezistența de stingere;
——— înfășurarea de excitație deschisă.

Din relația (3) se deduce că puterea activă pe care o poate debita mașina fără a se depăși încălzirea înfășurării statorului depinde de reactanța directă a mașinii ; mașinile care au $X_{d\hat{u}r} \approx \approx 2$ pot debita o putere activă aproximativ egală cu puterea nominală a mașinii, deoarece dacă, $k_{\hat{u}} = 1$ avem în acest caz $P = \frac{S_n}{\sqrt{3}} \approx \approx 0{,}866\ S_n$. Mașinile sincrone (hidrogeneratoarele de exemplu) la care $X_{d\hat{u}r} \leqslant 1$ nu pot să debiteze o putere activă în acest regim, fără a nu se depăși încălzirea admisibilă a înfășurării statorului ; deci, aceste mașini trebuie deconectate de la sistem în cazul absenței excitației. Din relația (3) mai deducem că puterea maximă pe care o poate debita mașina la funcționarea în asincron, depinde și de tensiunea de scurtcircuit a transformatorului ; cu cît căderea de tensiune din transformator este mai mare, cu atît puterea maximă pe care o poate debita mașina este mai mică.

Încălzirea înfășurării rotorului este determinată de pierderile în rotor ; dacă la funcționarea în asincron suma pierderilor din rotorul masiv și înfășurarea de excitație nu depășește pierderile din înfășurarea de excitație la funcționarea sincronă, încălzirea înfășurării de excitație este sub limita admisibilă. Pierderile în rotor la aceeași putere debitată la funcționarea în asincron sînt mai mici cînd înfășurarea de excitație este conectată pe rezistența de stingere, deoarece alunecarea este mai mică în acest caz, iar pierderile în rotor la mașina asincronă sînt $P_2 = sP_1$ (în care puterea electromagnetică P_1 se poate lua aproximativ egală cu puterea P debitată de mașini în rețea). Din experimentările efectuate cu turboalternatoarele de construcție obișnuită, rezultă că pierderile în rotor sînt mai mici decît cele nominale, cînd la funcționarea mașinii în asincron curentul din stator este chiar curentul nominal. În [10] s-au stabilit relațiile pentru calculul pierderilor din rotorul masiv al turboalternatorului în funcție de inducția magnetică rezultantă din întrefier, de dimensiunile dinților, de proprietățile magnetice și electrice ale rotorului și de alunecarea rotorului, cînd înfășurarea de excitație este deschisă, astfel :

$$P_2 = \frac{\omega^2}{8\alpha\rho} B^2 \tau^2 \left[\sum_{d,D} \left(Z_{d,D} \left(\frac{\tau_c}{\tau} \right)^2 \int_0^h \frac{\operatorname{sh} b\alpha - \sin b\alpha}{\operatorname{ch} b_0\alpha - \cos b_0\alpha} \, dy + \right. \right.$$

$$+ \left(\frac{2}{\pi} \right)^2 Z_{d,D} \frac{l}{l'} \int_0^h \frac{\operatorname{sh} b\alpha + \sin b\alpha}{\operatorname{ch} b_0\alpha + \cos b_0\alpha} \, dy +$$

$$\left. \left. + \left(\frac{2}{\pi} \right)^2 \frac{2\pi}{\sqrt{2}} \int_0^{r'} \frac{\mathrm{ber}'^2 \gamma r + \mathrm{bei}'^2 \gamma r}{\mathrm{ber}'^2 \gamma r' + \mathrm{bei}'^2 \gamma r'} \gamma r \, dr \right) \right] \quad (4)$$

în care :

Z_d, Z_D este numărul de dinți mici, respectiv mari, din rotor ;

l — lungimea geometrică a rotorului ;

l' — o lungime echivalentă prin care se ține seama aproximativ de pierderile în cape ;

$\alpha = \frac{\gamma}{\sqrt{2}} = \sqrt{\frac{\varkappa \omega \mu}{2\rho}}$, ρ și μ fiind rezistivitatea, respectiv permeabilitatea rotorului masiv ;

$\varkappa$ — constanta de raționalizare (= 1 în sistemul MKSA raționalizat) iar ω pulsația curenților induși în rotor ;

b — lățimea dintelui la înălțimea y, iar b_0 lățimea dintelui în întrefier ;

τ_c — pasul crestăturilor din rotor, iar τ pasul polar ;

r' — raza exterioară a jugului din rotor ;

B_0 — inducția magnetică rezultantă din întrefier ;

$\mathrm{ber}' \ldots$, $\mathrm{bei}' \ldots$ — derivatele funcțiilor Bessel reale, respectiv imaginare [11], [12].

În expresia (4) nu sînt cuprinse pierderile care se produc în capele frontale de consolidare a capetelor de bobină din rotor.

Pierderile din rotorul masiv, cu înfășurarea de excitație deschisă, calculate conform relației

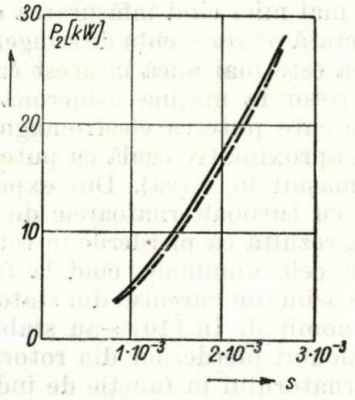


Fig. 3. Pierderile în rotorul turboalternatorului:
– – – – determinate experimental;
——— calculate după [10].

(4) și determinate experimental la un turbogenerator de 25 MVA, au fost reprezentate în figura 3.

În general, pierderile în rotor la funcționarea în sarcină în regim asincron nu depășesc pierderile care se produc în înfășurarea de excitație la funcționarea în regim sincron; deci, încălzirea rotorului nu constituie o problemă la funcționarea în asincron (în cazul particular de mai sus pierderile în excitație sînt de 65 kW).

Este de preferat construcția turboalternatorului cu rotorul crestat uniform, pentru a obține o caracteristică $P_2 = f(s)$ mai avantajoasă; în anumite limite, prin crestarea rotorului se mărește puterea debitată de mașini în rețea, la aceeași alunecare, datorită creșterii pierderilor în rotorul turboalternatorului. Creșterea uniformă a rotorului mărește totodată și suprafața de cedare a căldurii prin convecție.

2. *Încălzirea pieselor feromagnetice frontale*

Funcționarea în sarcină capacitivă a turbogeneratoarelor a pus ca primă problemă limitarea puterii debitată de mașină, datorită creșterii încălzirii pieselor masive feromagnetice frontale, cum sînt: inelele de susținere a capetelor de bobină, plăcile de strîngere a tolelor etc. Această problemă devine și mai importantă la regimul de funcționare în asincron, deoarece solenația de excitație este nulă.

Pierderile din piesele frontale de consolidare a tolelor și înfășurările statorului sînt produse de curenții turbionari induși de cîmpul magnetic rezultant frontal care înlănțuie total sau parțial aceste piese. Cîmpul magnetic rezultant în partea frontală a mașinii este suma dintre cîmpul magnetic frontal de scăpări $\underline{B}_{\sigma f}$ al statorului și cîmpul magnetic $\underline{B}_{uf}$ frontal util (fig. 4). La sarcina inductivă cîmpul frontal rezultant $\underline{B}_{rf} = \underline{B}_{uf} + \underline{B}_{\sigma f}$ este relativ mic, deoarece cîmpul de scăpări al statorului este relativ mare și comparabil cu cîmpul util în partea frontală a mașinii. La sarcină capacitivă, cîmpul rezultant este important deoarece cele două cîmpuri au aproximativ aceeași orientare și datorită pierderilor care se produc în aceste piese, izolația pieselor frontale, respectiv izolația capetelor de bobină este solicitată la încălzire. Astfel, în [2] și [3], se studiază cu precădere influența pe care o are factorul de putere asupra încălzirii capetelor de bobină; la același curent, prin înfășurările statorului, în funcție de construcția mașinii, încălzirea capetelor de bobină poate crește de exemplu cu 50°C, de la funcționarea în sarcină inductivă la funcționarea în sarcină capacitivă.

Din acest punct de vedere, funcționarea turboalternatorului în regim asincron este echivalentă cu funcționarea mașinii în sarcină capacitivă și anume corespunde cazului particular

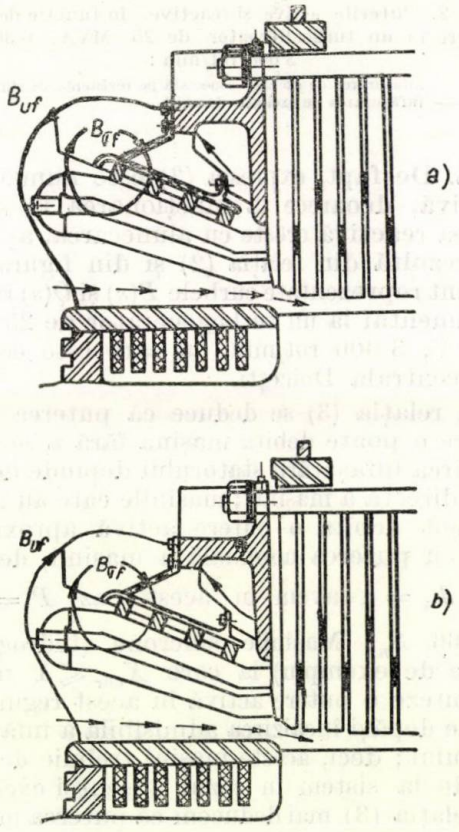


Fig 4. Cîmpul magnetic rezultant în zona capetelor de bobină, B_{uf} – cîmpul magnetic util frontal, $B_{\sigma f}$ – cîmpul de scăpări ale statorului:
a – la sarcină inductivă; *b* – la sarcină capacitivă.

cînd turboalternatorul este autoexcitat ($i_e = 0$).

Calculul pierderilor în piesele frontale masive, în funcție de natura sarcinii, este deosebit de

dificil. În prima aproximație se pot folosi expresiile pentru calculul pierderilor în discul frînelor electromagnetice.

În schimb, încălzirile pieselor frontale se pot măsura ușor cu ajutorul termocuplelor, punctele de control fiind accesibile. Multe turboalternatoare au chiar termocuple montate în partea frontală și controlul încălzirii pieselor frontale se poate efectua direct.

3. *Stabilitatea statică a turboalternatorului în regim asincron*

Problema stabilității statice a turboalternatorului la funcționarea în regim asincron este identică cu problema stabilității generatoarelor asincrone, cu cuplu mare de pornire. Din figura 2 rezultă că la turbogeneratoarele mari de la alunecări de ordinul a cîtorva miimi, puterea debitată de mașină în rețea crește foarte puțin. Dacă cuplul motor al turbinei de antrenare este mai mare decît cuplul electromagnetic pe care îl poate dezvolta mașina sincronă la viteza de rotație respectivă, agregatul va continua să-și mărească viteza; mașina debitează o putere importantă în sistem, însă se va ambala pînă ce intervine protecția de viteză mărită.

Stabilitatea mașinii este deci legată de realizarea unor mașini cu caracteristică $M = f(s)$, caracterizată printr-un cuplu „de desprindere" respectiv asimptotic mai mare decît cuplul nominal; pentru aceasta este necesar, fie ca turbogeneratoarele să fie echipate cu colivie amortizoare, fie de a adopta o construcție potrivită pentru rotor, care să asigure o asemenea caracteristică.

În cazul în care înfășurarea de excitație este scurtcircuitată sau conectată pe rezistența de stingere datorită nesimetriei magnetice a rotorului, puterea activă, reactivă și curenții oscilează puternic, primele cu dublul frecvenței curenților induși în înfășurarea de excitație. În figura 2 curbele Q trasate prin linii întrerupte reprezintă aproximativ limitele între care oscilează puterea reactivă, înfășurarea de excitație fiind scurtcircuitată pe rezistența de stingere. Chiar atunci cînd înfășurarea de excitație este deschisă, se mai produc mici oscilații datorită nesimetriei magnetice a rotorului, introdusă de prezența dinților de grosime diferită. Aceste oscilații ale puterii active și reactive ar putea produce perturbații în funcționarea celorlalte turbogeneratoare sincrone, aducîndu-le în regim de oscilații și eventual la ieșirea lor din sincronism. De aceea, este de preferat ca înfășurarea de excitație să fie deschisă iar rotorul să fie crestat uniform.

4. *Alți factori care pot limita funcționarea în asincron a turboalternatoarelor*

În general, tensiunea indusă în spirele înfășurării rotorului, contactele dintre piesele masive frontale și oscilațiile puterilor active și reactive provocate de nesimetria rotorului nu limitează puterea pe care o poate debita turbogeneratorul în acest regim. Au existat însă cazuri în care contactele imperfecte dintre penele rotorului și cape au condus la încălziri foarte mari în această zonă, în urma apariției arcului electric; de asemenea, solicitarea înfășurării de excitație la tensiuni între spire care depășesc tensiunea de străpungere, deteriorează izolația și scot din funcție mașina; în fine, oscilațiile mari ale puterilor active și reactive pot conduce la pierderea stabilității celorlalte mașini cu care funcționează în paralel turboalternatorul avariat.

Să urmărim îndeosebi, tensiunea între spirele înfășurării de excitație; o dată cu creșterea alunecării, în rotor se induc tensiuni alternative de frecvență sf_1 care pot depăși tensiunea nominală a acestei înfășurări. Solenația de magnetizare (la funcționarea sincronă, de reacție a indusului) este aproximativ:

$$\theta_1 = \left(\frac{4}{\pi}\right)\frac{m}{2}\frac{\xi_1 w_1}{p}\sqrt{2}\ I_\mu \qquad (5)$$

în care:

$I_\mu \approx 0{,}6\ I_n$ la turbogeneratoare $\left(I_\mu = \frac{U}{X_d}\right)$, ξ_1 este factorul de înfășurare iar w_1/p numărul de spire pe perechi de poli și fază al înfășurării statorului.

Solenația de excitație se poate considera într-o primă aproximație egală cu:

$$\theta_e = \frac{w_e}{p} i_{en} \approx 2\theta_1 \qquad (6)$$

în care:

$\frac{w_e}{p}$ este numărul de spire pe perechia de poli, iar i_{en} curentul de excitație din rotor.

Din această relație deducem:

$$w_e = 2\frac{m}{2}\frac{4}{\pi}\xi_1 w\sqrt{2}\frac{I_\mu}{i_{en}}; \qquad (6')$$

pentru $m = 3$ și $\xi_1 \approx 0{,}9$, înlocuind și pe I_μ se obține

$$w_e = 2{,}9\frac{I_n}{i_{en}} w_1. \qquad (7)$$

În ipoteza că tensiunea pe spiră în înfășurarea de excitație de la funcționarea în asincron să nu depășească tensiunea pe spiră de la funcționarea sincronă, obținem:

$$\frac{U_{en}}{w_e} \geqslant s\frac{U_1}{w_1} \qquad (8)$$

în care:

U_{en} este tensiunea nominală de excitație, iar U_1, tensiunea electromotoare indusă în înfășurarea indusului.

Din această relație, ținînd seamă și de relația (7) rezultă alunecarea maxim admisibilă la care poate funcționa turboalternatorul în regim asincron, fără a se depăși tensiunea nominală între spirele rotorului :

$$s \leqslant \frac{U_{en}}{U_1}\frac{w_1}{w_e} \approx \frac{1}{2{,}9}\frac{U_{en}}{U_1}\frac{i_{en}}{I_n}\ ; \qquad (9')$$

deci,

$$s \leqslant 0{,}345\,\frac{P_{en}}{P_1}\,. \qquad (9)$$

De exemplu, în cazul turboalternatorului de 25 MVA de la termocentrala Doicești, alunecarea maximă admisibilă fără a solicita izolația înfășurării de excitație este aproximativ $s_m = 5 \cdot 10^{-3}$; de fapt, izolația înfășurării de excitație rezistă chiar la dublul tensiunii nominale încît se poate considera drept alunecare maximă admisibilă dublul acestei alunecări, adică $s'_m \approx 10^{-2}$.

Remarcăm însă că t.e.m. U_1 indusă în înfășurarea statorului scade odată cu creșterea curentului de sarcină I_1, respectiv cu alunecarea, datorită căderii de tensiune în transformatorul dintre generator și rețea și în înfășurarea indusului. Deci la alunecări mari, tensiunea indusă în rotor nu mai crește proporțional cu alunecarea. În orice caz, dacă agregatul se ambalează și depășește alunecarea de 1% la funcționarea în asincron, izolația dintre spirele înfășurării de excitație este solicitată peste solicitarea corespunzătoare regimului nominal de funcționare. Apare astfel pericolul străpungerii izolației dintre spire. Cînd înfășurarea de excitație este deschisă, atunci și izolația bobinei este solicitată la străpungeri.

B. Despre procesele electromecanice la ieșirea din sincronism, în urma desexcitării mașinii

În ipoteza că alunecările la care urmează să funcționeze în asincron turboalternatorul,

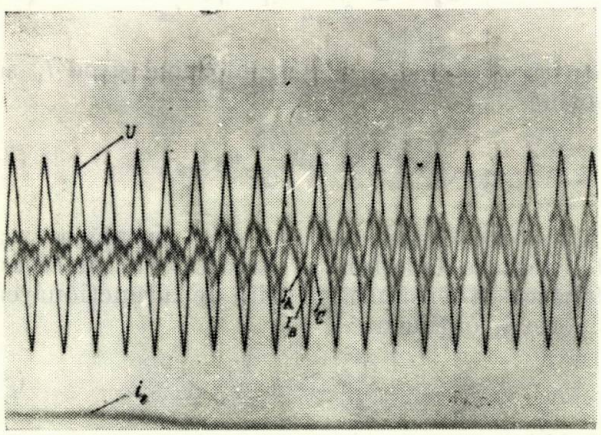


Fig. 5. Curenții și tensiunea unui turboalternator de 25 MVA, la ieșirea din sincronism în urma întreruperii circuitului de excitație și la funcționarea în asincron; puterea activă debitată în rețea fiind de aproximativ 0,1 P_n.

după avarierea sistemului de excitație sînt mici (de ordinul $3 \div 5 \cdot 10^{-3}$), se poate presupune că puterea turbinii de antrenare rămîne practic

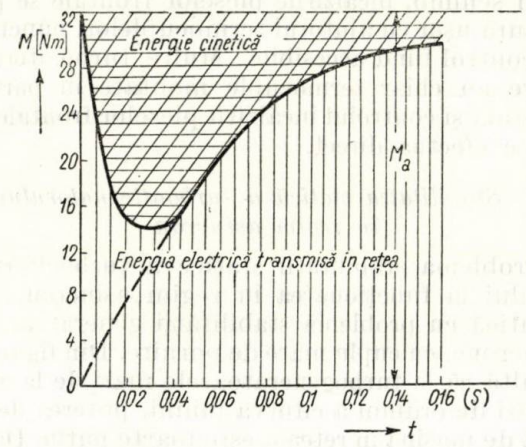


Fig. 6. Cuplul în funcție de timp la trecerea în asincron a unei mașini sincrone de 50 kW.

constantă; în acest caz, o parte din această putere este transmisă rețelei, iar o parte servește la accelerarea rotorului agregatului de la viteza sincronă la viteza asincronă, pe toată durata procesului tranzitoriu. Curenții cresc asimptotic de la valorile minime (la $\cos \varphi = 1$), pînă la valorile corespunzătoare funcționării în asincron (fig. 5).

Să presupunem că în timpul procesului tranzitoriu, cuplul dezvoltat de turbogenerator este cuplul asincron; din ecuația cuplurilor,

$$2\,\pi\,\Theta n_1 \frac{ds}{dt} + M(s) = M_a \qquad (10)$$

în care :

Θ este momentul de inerție al agregatului;
n_1 — viteza sincronă;
s — alunecarea;
M_a — cuplul turbinei de acționare;
$M(s)$ — cuplul asincron dezvoltat de turbogenerator; se poate presupune că în zona în care urmează să funcționeze mașina, $M(s)$ este o dreaptă

$$M\,(s) = \left|\frac{dM}{ds}\right|_{s=0} \cdot s \qquad (11)$$

Constanta de timp a procesului tranzitoriu este

$$T = \frac{2\,\pi\,\Theta n_1}{\left|\frac{dM}{ds}\right|_{s=0}} \qquad (12)$$

De fapt, în timpul procesului tranzitoriu mașina mai dezvoltă un cuplu sincron însemnat, pînă cînd se amortizează cîmpul magnetic inductor; durata procesului tranzitoriu este mai mare. În figura 6 este dată curba $M/M_n = f(t)$ ridicată la o mașină de 50 kW, în timpul procesului

tranzitoriu, cuplul asincron fiind proporțional cu alunecarea; această curbă reproduce curba alunecării conform relației (1), pentru $t > 0{,}05$ [s].

Din această figură se constată influența pe care o are constanta de timp cu care se amortizează cîmpul magnetic inductor.

C. Concluzii

Din exploatarea turbogeneratoarelor sincrone, rezultă că pot surveni avarii în sistemul de excitație și mașina ajunge în regim de funcționare asincron; cînd necesarul de putere activă este totuși important și nu poate fi preluat de alte mașini funcționarea mașini în acest regim este acceptată cel puțin pentru o durată scurtă.

Factorii examinați în lucrare limitează puterea activă pe care o poate furniza mașina într-un asemenea regim, fără a se depăși solicitările admisibile.

Este necesară elaborarea unor instrucțiuni pentru măsurile care trebuie luate în urma apariției acestui regim de funcționare; în prealabil trebuie examinată posibilitatea de funcționare în asincron a mașinii, luîndu-se în considerație factorii limitativi descriși în lucrarea de față. Pentru precizarea limitelor pe care le poate atinge puterea agregatului în acest regim este necesar să se determine experimental parametrii mașinii sincrone și curba cuplului $M(s)$; aceasta se poate calcula și analitic după relația (4) în cazul cînd se pot adopta condițiile simplificatoare expuse în [10]. De asemenea, cunoașterea variației încălzirii pieselor masive frontale de consolidare a capetelor de bobină ale statorului, în funcție de factorul de putere, permite să se precizeze puterea maximă pe care o poate debita mașina în regim asincron de scurtă durată.

Relativ la construcția mașinii și la schemele care trebuie adoptate în aceste condiții, remarcăm că sînt de preferat:

— turboalternatoarele cu reactanță sincronă mai mare decît 2;

— construcția turboalternatorului cu rotorul masiv, crestat uniform, cu cape frontale de consolidare a capetelor de bobină din rotor de rezistivitate mică și care să scurtcircuiteze, perfect dinții și penele rotorului;

— schema de conexiuni în centrale cu generatoarele sincrone pe bare comune pentru ca tensiunea la bornele mașinii să rămînă aproximativ constantă de la funcționarea în regim sincron la cea din regim asincron; puterea debitată de mașină la funcționarea în asincron este mai mare în cazul adoptării acestei scheme, deoarece nu mai intervine căderea de tensiune din transformator;

— înfășurarea de excitație a turbogeneratorului să rămînă deschisă în acest regim, tensiunea dintre spire nedepășind limita admisibilă; se evită astfel apariția unor oscilații mari în curbele puterilor și curenților.

Bibliografie

[1] *Siromiatnikov I. A.*: Rejimî raboti sinhronîx generatorar. Gosenergoizdat, Leningrad-Moscova, 1952, 64—112.

[2] *Richardson P.*: Design and application of large solid-rotor asynchronous generators. The Proceedings of the Institutions of Electrical Engineers. **105** — part A — (1958) 22, 332—346.

[3] *Estcourt V. E., Holley, G. H., Johnson W. R., Light P. H.*: Underexited operation of large turbine generators on pacific gas and electric company's system. Trans. A. I. E. E. **72**, part. III (1953), 16—22.

[4] *Kovács P. C. Csáki F.*: Marche asyncrone des turboalternateurs CIGRE (1958) rap. 115, 1—21.

[5] *Mamikoniant L. G.*: Opredelenie reactivnoi mosnoctiv sinhronnoi mașinî pri asinhronom rejime. Elektricestvo **78** (1958) 35.

[6] *Connel H. M.*: The polyphase induction machine with solid rotor. A. I. E. E. Transactions **72** — part. III — (1953) 103—111.

[7] *Tuschák R.*: Transient phenomens in the solid rotors of Synchronous machines. Acta Tehnica **10** (1955) 3—4, 457—484.

[8] *Barello G.*: Courants de Foucault dans le pieces polaires massives des alernateurs par les champs tournante de la reaction d-induit. Rev. Gen. Electr. (1955) 11.

[9] *Postnikov I. M.*: Vihrevîe toki v sinhronnîh i asinhronnîh mașinah s massivîm rotorom. Elektricestvo **78** (1958) 10, 7—14.

[10] *Bălă C.*: Pierderile în rotorul masiv al turboalternatorului, la funcționarea în regim asincron. Studii și cercetări de energetică 10 (1960) 3.

[11]. *Bool M.*: Tables numeriques universelles. Dunod, Paris, 1947.

[12] *Gray, A. Mathews G. B.*: Funcțiile Bessel și aplicațiile lor în fizică. Editura Tehnică, București, 1958.

Intrat în redacție la 14 iunie 1960.

Unele perspective de dezvoltare a acționărilor electrice în forajul sondelor petrolifere și de gaze naturale

Alexandru Fransua* – București

Din domeniul mare al acționărilor electrice cele aplicate la forajul sondelor petrolifere și gazeifere prezintă un interes deosebit pentru țara noastră.

Din examinarea pe teren a condițiilor în care funcționează acționările electrice rezultă numeroase propuneri de îmbunătățire cît și sugestii pentru noi cercetări cu scopul final de a mări eficacitatea echipamentului și a reduce prețul de cost.

CZ 621.34:622.323

Industria petroliferă și a gazelor naturale constituie una dintre pîrghiile de bază ale economiei noastre naționale. Cunoscînd o largă dezvoltare îndeosebi după 23 August 1944, industria petrolului și a gazelor naturale pune în fața tehnicii românești probleme serioase, care au fost și sînt rezolvate în pas cu tehnica mondială.

Printre operațiile cele mai importante ca volum de investiții și muncă în industria petroliferă sau în industria gazelor naturale, trebuie desigur citat forajul sondelor.

Dacă în ramura prelucrătoare a petrolului și a gazelor, tehnica utilajelor și tehnologia proceselor de producție au evoluat rapid, atingînd un indice înalt de mecanizare și automatizare, în ramura forajului sondelor progresul a fost mai lent.

Electrificarea acționărilor în forajul sondelor constituie un pas înainte față de acționările pe bază de locomobile cu abur, sau cu motoare cu ardere internă.

Problema acționărilor electrice în forajul sondelor este o problemă actuală, care se discută în principalele țări cu tradiție în acest domeniu, îndeosebi în ultimii ani. Prezentul studiu se referă la această problemă și reprezintă o încercare de a sintetiza în mod critic unele din principalele linii de dezvoltare care se întrevăd.

În momentul de față se profilează trei linii de dezvoltare:

1) îmbunătățirea actualelor acționări electrice;

2) schimbarea concepției acționării electrice;

3) schimbarea metodei de foraj.

În prezenta lucrare nu vom ataca problemele acționărilor electrice necesitate de noile metode de foraj, ca: foraj cu gaze, cu vid, prin percuție, prin unde sonice etc., sau de schimbarea concepției acționării. Acestea reprezintă încă încercări izolate, care se află abia în stadiu de experimentare.

Desigur că cele mai multe eforturi de a aduce progrese în acționarea electrică din forajul sondelor au fost canalizate în direcția îmbunătățirii lor, fără a modifica schemele sau principiile actuale ale acționării, căutînd a adapta mai bine caracteristicile mașinilor de antrenare diferitelor cerințe tehnico-economice specifice sau condițiilor noi de lucru, de a ridica productivitatea muncii prin schimbarea parametrilor diferitelor elemente ale acționării în vederea măririi vitezei de lucru și a scurtării timpilor morți, de a mări siguranța în funcționare a utilajului etc.

Vom expune și analiza pe rînd unele dintre principalele propuneri de îmbunătățire a actualelor acționări electrice.

1. Mărirea puterii motoarelor de antrenare a troliului și pompelor

Tendința de a mări puterea instalată la sondele în foraj este evidentă în ultimii ani. Astfel, în U.R.S.S., dacă în anii 1932–1937 puterea instalată atingea 400–600 kW, actualmente ea atinge 3 000 kW. Creșterea aceasta se explică nu numai prin creșterea adîncimii de foraj a sondelor și a trecerii la forajul cu turbină, care necesită pompe de noroi mult mai puternice, ci și prin tendința de a mări vitezele de lucru, în operațiile de introducere și extragere a garniturii.

Nu vom insista asupra măririi puterii motoarelor pompelor, care este cerută de specificul forajului cu turbine și ne vom opri asupra problemei măririi puterii motoarelor de la troliu. Desigur că, dată fiind tendința vizibilă în ultimii ani de a crește puterea acestor motoare, se poate pune întrebarea: care este limita superioară optimă din punct de vedere tehnico-economic?

Există argumente pentru a utiliza motoare cu o putere pînă la 800 kW pentru troliul de 130 t; să enumerăm aceste argumente:

– vitezele actuale de extragere a pașilor ating valori cuprinse între 0,2–1,4 m/s. Aceste viteze nu sînt actualmente satisfăcătoare. Mărirea acestor viteze pînă la limita admisibilă de 2,5 m/s conduce evident la mărirea puterii motoarelor de antrenare:

* Ing. *A. Fransua* este șef de laborator la Institutul de Energetică al Academiei R.P.R.

— mărirea puterii motoarelor de antrenare a troliului la aproximativ 800 kW dă posibilitatea dezvoltării unui cuplu de frînare de aproximativ 4 000 kgm la 400 rot/min (la axul tobei), dacă se ia un coeficient de suprasarcină de aproximativ 2 ; în acest fel apare posibilitatea folosirii motorului de antrenare ca frînă dinamică ;

— în cazul măririi puterii motoarelor de antrenare, devine complet rațională ideea de a folosi motoarele electrice ale pompelor de noroi, care ating puterea de 700—800 kW și la antrenarea troliului, întrucît pompele și troliul nu lucrează simultan.

Se obiectează împotriva măririi motoarelor de la trolii, prin aceea că această mărire nu aduce decît un cîștig mic al timpului de introducere și extragere. Se arată ușor că o mărire a puterii instalate de la 320 kW la 800 kW atrage o micșorare a timpului total T cu numai 10%, datorită operațiilor auxiliare.

Dacă se înregistrează progrese în reducerea timpilor operațiilor auxiliare, tendința de a mări puterea motoarelor de antrenare a granicului este deplin justificată.

2. Înlocuirea motoarelor asincrone cu motoare sincrone la pompele de noroi. Sincronizarea motoarelor asincrone. Utilizarea bateriilor de condensatoare statice sau a compensatoarelor de fază

Problema ameliorării factorului de putere al întregii instalații de foraj, care în mod normal este supărător de scăzut, a condus pe specialiști la discutarea problemei întrebuințării motorului sincron în locul celui asincron la pompele de noroi, unde condițiile de funcționare permit această schimbare.

Principalul avantaj al folosirii motorului sincron în asemenea situație îl constituie faptul că el poate funcționa și cu factor de putere unitar și chiar în regim de compensator. În același timp în aprecierea justeții acestei soluții trebuie să intervină și dezavantajele cunoscute ale motorului sincron.

Împotriva întrebuințării motorului sincron pledează, de asemenea, și faptul că pompele de noroi lucrează 15—20% din timpul total de foraj al unei sonde și, în consecință, acțiunea de compensare pentru întreaga instalație de foraj ar fi serios afectată în restul timpului.

Cu toate aceste dezavantaje, motorul sincron a început să ocupe un loc important în acționarea pompelor. Se întrebuințează adeseori fie două motoare sincrone pentru acționarea celor două pompe, fie un motor sincron și unul asincron.

Soluția cu motoare sincrone pentru ameliorarea factorului de putere este în concurență cu soluția întrebuințării de baterii statice de condensatoare.

Calculele tehnico-economice comparative arată că varianta de acționare a pompelor de noroi cu motoare asincrone în scurtcircuit și compensarea puterii reactive cu ajutorul instalației de baterii de condensatoare plasate în punctul de alimentare al unui grup de sonde este cea mai convenabilă din punctul de vedere al investițiilor.

Varianta în care se folosește un singur motor sincron dă rezultate acceptabile numai în cazul cînd se utilizează întreaga capacitate de putere reactivă a motorului. Totuși, această variantă are indici economici mai slabi și în privința investițiilor și în privința cheltuielilor anuale față de varianta cu motoare asincrone și baterii de condensatoare de mai sus.

Varianta cu două motoare sincrone funcționînd la cos $\varphi = 0{,}9$ capacitiv, necesită investiții capitale mai mari decît în cazul folosirii bateriei de condensatoare plasate în locul de alimentare al unui grup de sonde în foraj. În schimb, această variantă necesită cheltuielile anuale cele mai mici. În plus, prezența celor două mașini sincrone la fiecare sondă în foraj reprezintă un factor important în micșorarea căderilor de tensiune pe linii și contribue la asigurarea unei tensiuni normale pentru motoare și iluminat.

Întrebuințarea motorului sincron în regim de compensator în timpul funcționării motoarelor de la troliu nu este justificată din punct de vedere economic. Aceasta reprezintă o soluție de ultimă instanță.

Pe lîngă variantele de mai sus mai pot intra în discuție și alte două : întrebuințarea sincronizării motoarelor asincrone cu rotor bobinat și a compensatoarelor de fază.

Problema sincronizării motoarelor asincrone cu inele care acționează pompele de noroi se poate pune îndeosebi avînd în vedere parcul existent de asemenea motoare. Cauza principală care a îngreuiat aplicarea pe scară largă a sincronizării a constat în dificultatea obținerii unui curent continuu de mare intensitate și tensiune relativ joasă (6—12 V). Actualmente, această dificultate nu mai există. În schimb, schema de sincronizare automată este relativ complicată (schema DAG) și astăzi nu se mai folosește. Aplicarea acestei scheme este rentabilă atît timp cît este vorba de motoare asincrone în funcțiune. În cazul instalațiilor noi, motorul sincron își menține prioritatea.

Tot pentru parcul existent de motoare asincrone cu inele se poate folosi, în vederea îmbunătățirii factorului de putere, și compensatoarele de fază. În literatura de specialitate nu se prea discută această soluție, de altfel la fel ca și sincronizarea, însă după părerea noastră ea merită a fi luată în considerare. Compensatorul de fază este o mașină relativ simplă. Prezența colectorului nu atrage de data aceasta dificultăți în exploatare. Puterea aparentă a

compensatorului, în ipoteza că el este conectat cu înfășurarea rotorică a motorului asincron, este de cîteva procente din puterea motorului (de același ordin de mărime ca și alunecarea motorului).

În consecință, utilizarea compensatoarelor este justificată. Valoarea investițiilor nu depășește pe cea a unei baterii de condensatoare, iar greutatea instalației și volumul ocupat de asemenea. Experiența utilizării unor compensatoare de fază la cîteva instalații de foraj din țara noastră este pozitivă și credem că merită a fi generalizată.

3. Utilizarea de noi mijloace de frînare. Frîne electrice

Frîna mecanică și frîna hidraulică nu dau satisfacție deplină în instalațiile de foraj. S-a încercat de aceea să se utilizeze frînarea pe cale electrică, folosind diferite mașini electrice.

Ideea cea mai simplă a fost aceea de a utiliza motoarele de acționare a troliului și ca mașini de frînare. Astfel, s-a propus ca motoarele asincrone să funcționeze în regim de frînare dinamică în timpul introducerii garniturii, prin deconectarea statorului de la rețea și alimentarea lui în curent continuu reglabil și prin menținerea rotorului conectat cu rezistențele de reglaj, care s-ar utiliza în această situație cu rezistență de sarcină.

O altă idee ar fi aceea de a utiliza mașina asincronă în regim de generator asincron. Statorul mașinii se conectează la rețea, iar rotorul antrenat de greutatea garniturii și-ar mări viteza peste viteza sincronă cu cîteva

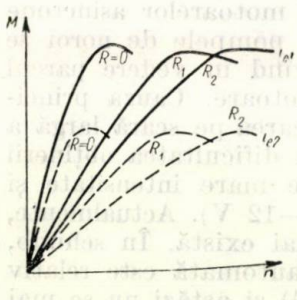


Fig. 1. Caracteristicile mecanice ale mașinii pentru diferite rezistențe de sarcină și diferiți curenți.

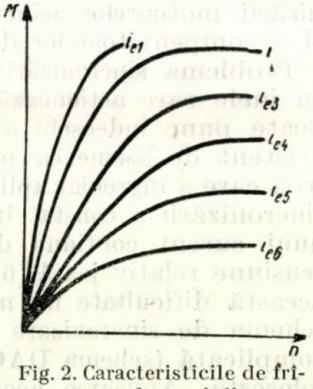


Fig. 2. Caracteristicile de frînare ale mașinii.

procente. Viteza de introducere a garniturii se poate mări prin introducerea de rezistențe suplimentare în circuitul rotorului.

Din nefericire, la troliile actuale cu motoarele asincrone, care se folosesc actualmente, nici unul din regimurile arătate mai sus nu poate fi realizat, deoarece la introducerea garniturii se utilizează viteze de 5—10 ori mai mari.

S-au propus atunci alte soluții. Vom pune accent pe cîteva dintre ele. Indiferent de soluție, trebuie însă să se țină seamă de următoarele cerințe:

— cuplul dezvoltat de frînă să atingă valori de aproximativ 3 000 kgm pentru instalații de foraj de 130 t;

— viteza de lucru a frînei cuplate cu toba troliului, la viteze de introducere variind între 1,0 m/s și 3 m/s trebuie să fie de aproximativ 400—600 rot/min la sarcini mari și pînă la 800 rot/min la sarcini mai mici;

— mașina electrică de frînare lucrează în regim intermitent, ceea ce permite micșorarea gabaritelor, prin proiectarea rațională a mașinii, folosind încărcări specifice mai mari;

— gabaritele acestei mașini nu trebuie să depășească pe cele ale frînei hidraulice;

— instalația de frînare electrică trebuie să asigure o tahogramă a introducerii garniturii cît mai aproape de trapez isoscel, fără intervenția frînei mecanice (accelerație constantă la început și frînare constantă la sfîrșit, cînd cîrligul ajunge deasupra mesei rotative, în rest viteză constantă).

O mașină electrică care îndeplinește în parte aceste cerințe a fost propusă de I. D. Marianovskii [14]. Este vorba de un generator sincron special pentru frînare. Înfășurarea trifazată statorică este legată la niște rezistențe de sarcină, iar rotorul are poli aparenți fără înfășurare de amortizare. Mașina este construită pentru a suporta forțări mult mai mari decît cele obișnuite. Viteza de introducere a garniturii poate fi variată în limite largi prin variația mărimii rezistențelor de sarcină și a curentului de excitație. Caracteristicile mecanice pentru diferite rezistențe de sarcină și diferiți curenți sînt date în figura 1.

Această soluție, deși pusă în practică în unele instalații de foraj, în care a dat rezultate satisfăcătoare, a suscitat numeroase critici. Instalația necesită un bloc de rezistență de sarcină care este voluminos și greoi, un complex de contactoare și o instalație de redresoare, ceea ce complică instalația.

Caracteristica mecanică este nesigură, în sensul că la o rezistență de sarcină dată și la un curent de excitație dat, curba $M = f(x)$ prezintă un maxim. Datorită acestui maxim există o porțiune nestabilă de funcționare a mașinii, și anume atunci cînd viteza depășește viteza critică, corespunzătoare cuplului maxim. Generatorul sincron folosit ca frînă nu asigură tahograma ideală, necesitînd intervenția frînei mecanice în momentul apropierii cîrligului de masa rotativă din cauza micșorării cuplului de frînare la viteze mici.

Neplăcerile introduse de generatorul sincron utilizat ca frînă pot fi evitate în parte prin utilizarea frînei electromagnetice. Această mașină este constructiv mult mai simplă și mai robustă decît un generator sincron. Caracteristicile sale de frînare sînt stabile (fig. 2).

Cuplurile de frînare la viteze mici sînt sensibil mai mari decît la generatorul sincron. Puterea necesară excitației este mai mică. Nu este nevoie de un bloc de rezistențe de sarcină, în schimb însă, trebuie luate măsuri speciale pentru răcirea frînei electrodinamice în timpul funcționării. Greutatea acestei frîne și volumul ocupat este mai mic decît al generatorului sincron.

În sfîrșit, o altă soluție relativ recentă în raport cu celelalte și care are frumoase perspective de aplicare și în multe alte domenii este frîna cu pulbere feromagnetică sau cu lichid și pulbere. Această frînă are o construcție și mai simplă și gabarite mai mici. Caracteristica mecanică este mult mai favorabilă, în sensul că cuplul de frînare este practic independent de viteza de rotație, chiar cînd aceasta este nulă. Intocmai ca la frîna electrodinamică, această nouă frînă are nevoie de o înfășurare de excitație de curent continuu, cuplul fiind funcțiune de curentul de excitație. De data aceasta, puterea necesară excitației este și mai mică la un cuplu de frînare chiar mai mare. Astfel, la același volum ca și frîna generator-sincron, o frînă cu pulbere feromagnetică dezvoltă un cuplu de circa 2,5 ori mai mare, puterea de excitație fiind de 20 ori mai mică. Astfel, pentru o frînă de 350 kW la 1 300 rot/min, puterea necesară este de aproximativ 0,05%. S-au construit asemenea frîne pînă la cupluri de aproximativ 13 000 kgm pentru instalații de foraj.

Datorită întrefierului relativ mare, o asemenea frînă este mult mai sigură în exploatare și mai simplă din punct de vedere al execuției.

Frîna cu pulbere electromagnetică se pretează în modul cel mai simplu în comparație cu celelalte mijloace de frînare la realizarea tahogramei ideale și la automatizarea operațiilor de introducere a garniturii.

Atît frîna electrodinamică, cît și cea cu pulbere, ridică însă probleme în legătură cu răcirea lor.

În concluzie, la instalațiile de foraj de mai mică adîncime, frîna mecanică și cea hidraulică își păstrează importanța, în timp ce la instalațiile mai grele necesitatea frînării pe cale electrică devine imperioasă. Experiența de viitor va demonstra care din soluțiile propuse pentru aceasta va fi mai eficientă și mai convenabilă din punct de vedere tehnico-economic.

Merită a fi însă subliniat și faptul că au început să apară în literatura de specialitate lucrări care se referă concret la automatizarea operației de introducere a garniturii [22]. (În acest scop s-a folosit un generator sincron ca frînă electrică.)

4. Îmbunătățirea instalației de pornire-reglaj

Pornirea motoarelor de acționare a troliului pe cale manuală este însoțită de o serie de neajunsuri. Ea conduce la uzura rapidă a elementelor schemei cinematice, datorită șocurilor mecanice deosebite ce pot apare din cauza unei manevre greșite sau unei întîrzieri în manevra controlorului.

S-a căutat atunci să se automatizeze pornirea motoarelor cu ajutorul unor stații electromagnetice pe bază de relee de curent, asigurîndu-se pe de o parte evitarea unor șocuri prea periculoase, iar pe de altă parte, scurtarea timpului de pornire. De obicei, numărul de trepte de pornire a fost limitat la patru. De aceea, s-a propus utilizarea pornirii automate pe bază de relee de timp, care sînt mai sigure și mai simple.

In plus specialiștii consideră aproape în unanimitate că pentru asigurarea unei accelerări mai bune la pornire și evitarea unor șocuri mecanice prea periculoase, este necesară mărirea numărului de trepte de pornire de la patru la cinci sau șase, fără schimbarea numărului de elemente ale rezistențelor de pornire. În felul acesta se obține și o scurtare a timpului necesar accelerării.

În același timp, deoarece numărul mare de contactoare mărește nesiguranța schemei, s-a propus o schemă de pornire a motorului asincron cu inele cu ajutorul unor inductivități legate în paralel pe rezistențele de pornire, fără utilizarea contactoarelor. Această schemă conduce la o accelerare lină, fără șocuri, fără trepte, în afară bineînțeles de șocul din primul moment.

Totuși, și în această schemă, pentru a nu lăsa rezistențele și inductivitățile în permanență conectate în circuitele de fază rotorice se introduce o pereche de contactoare de scurtcircuitare. În plus, pentru asigurarea unui șoc mai mic, în primul moment se mai introduce o treaptă preliminară formată numai din rezistențe, deci încă o pereche de contactoare.

În același timp, merită atenție propunerea de a utiliza bobine saturabile pentru pornirea motoarelor asincrone, bobinele fiind conectate în circuitul statoric. Apare astfel posibilitatea utilizării unor motoare asincrone în scurtcircuit. Ea conduce la mărirea siguranței în exploatare și la micșorarea greutății și volumului stației de pornire de aproximativ 1,5 ori față de stația actuală cu relee și contactoare.

O altă idee care-și face loc în legătură cu pornirea sau reglajul de viteză al motoarelor de acționare ale troliului este aceea a conectării în cascadă a celor două motoare. Existența celor două mașini de acționare permite cel puțin teoretic să se realizeze o serie de regimuri economice, care pot conduce la ridicarea indicilor energetici ai instalației prin cîteva moduri de conectare a înfășurărilor statorice sau rotorice. În exploatarea acestei idei nu s-au dat pînă în prezent rezultate demne de a fi semnalate.

În ultima vreme însă își face din ce în ce mai mult loc în acționarea electrică a troliului

ideea utilizării cuplelor cu alunecare de tipul celei electrodinamice sau cu pulbere feromagnetică [18], [23], [24], [25]. Aceste cuple intercalate între motor și axul de acționare a troliului aduce o serie întreagă de avantaje, în cazul cînd motorul de antrenare este un motor asincron în scurtcircuit (sau chiar un motor sincron):

— se elimină stația de rezistențe de pornire și reglaj care este voluminoasă și greoaie;

— se mărește siguranța și se ușurează exploatarea datorită îndeosebi eliminării întregii garnituri de relee și contactoare;

— se simplifică comanda troliului și se capătă posibilități mult mai mari de automatizare și comandă de la distanță;

— se micșorează uzura elementelor schemei cinematice a troliului prin eliminarea șocurilor mecanice legate de pornirea în trepte.

Împotriva introducerii cuplelor cu alunecare se aduce ca argument faptul că, cupla în serie reprezintă o mașină de dimensiuni cam tot atît de mari ca și ale motoarelor asincrone și care introduc momente de inerție suplimentare supărătoare în cazuri de inversare de sens. Totuși, cuplele cu alunecare, care au găsit largi aplicații în alte domenii ale acționărilor electrice înrudite cu cele specifice forajului sondelor, au început să se generalizeze în alte țări [31], și anume la instalații de mare adîncime. Se fac chiar eforturi pentru a construi motoare asincrone care includ în sine și cupla electrodinamică de alunecare [32].

Un real interes în instalația de comandă a motoarelor asincrone de acționare a troliului îl prezintă dispozitivul de deconectare al unuia din motoare atunci cînd sarcina a scăzut sub o anumită limită, ceea ce conduce la îmbunătățirea indicilor energetici ai instalațiilor.

În această discuție în legătură cu îmbunătățirea instalației de acționare a troliului a fost inclus însuși motorul asincron, căruia i se caută a i se modifica caracteristicile și parametrii de funcționare. Foarte discutată este mărirea tensiunii de lucru la 1 kV sau chiar la 6 kV [31]. Întrebuințarea pentru acționarea troliului a motoarelor de tensiune ridicată în locul celor de tensiune joasă permite eliminarea substanței de transformare și obținerea următoarelor avantaje:

— micșorarea suprafeței generale ocupate de utilajul electric;

— micșorarea volumului de muncă în operațiile de montare și demontare;

— îmbunătățirea indicilor energetici;

— micșorarea investițiilor capitale și a cheltuielilor de exploatare.

Obiecția cea mai serioasă ce s-ar putea aduce acestei propuneri ar fi legată de utilizarea unei stații de comandă în înaltă tensiune a motoarelor. Însă experiența îndelungată de exploatare a motoarelor de înaltă tensiune folosite în industria minieră în instalațiile de ridicat înlătură această obiecție. Întrebuințarea unor contactoare de înaltă tensiune în circuitul statoric al motoarelor și a unor contactoare de curent alternativ sau curent continuu în circuitul rotoric a dat rezultate satisfăcătoare în privința siguranței de funcționare a aparaturii și a ușurinței comenzii. Parametrii rotorici ai motoarelor de înaltă tensiune, care ar putea fi instalate în forajul petrolifer, ar putea permite să se folosească aceleași tipuri de aparate și rezistențe ca și la motoarele actuale de joasă tensiune.

Pentru micșorarea timpilor de pornire se caută să se realizeze motoare cu momente de inerție mai mici. Propunerea de a căuta să se mărească alunecarea corespunzătoare regimului nominal de funcționare în scopul îmbunătățirii condițiilor de pornire nu poate fi luată în considerare, din motivul că aceasta ar conduce la înrăutățirea indicilor energetici în regimul normal de funcționare.

Concluzii

În concluzie, acționările electrice în forajul sondelor petrolifere și de gaze naturale sînt în continuu proces de îmbunătățire și perfecționare în scopul simplificării lor, măririi siguranței în exploatare, adaptării în mai mare măsură la cerințele specifice procesului tehnologic de foraj, micșorării volumului și greutății, introducerii automatizării și semiautomatizării. Tehnicienii noștri urmăresc cu atenție acest proces și își aduc contribuția lor la progresul tehnicii în acest domeniul în țara noastră, țară producătoare de utilaj petrolifer.

Bibliografie

[1] *Kulizade N. K.*: Elektrooborudovanie dlia burenia neftianîh skvajin. Aznefteizdat, Baku, 1957.

[2] *Arhanghelskii N. K.*: Elektriceskoe oborudovania neftianîh promîslov. Gostoptehizdat, 1955.

[3] *Comănescu T.*: Tehnica nouă în sectorul energetic petrolifer. Petrol și Gaze **7** (1956) 3, 149.

[4] *Brenner G.*: Folosirea motoarelor sincrone și asincrone sincronizate în șantierele petrolifere. Petrol și Gaze **7** (1956) 6, 304.

[5] *Comănescu T.*: Sisteme de acționări electrice în forajul sondelor petrolifere. Petrol și Gaze **8** (1957) 6, 303.

[6] *Rvacev P. V., Sorokin A. S.*: O perevode sinhronnîh elektrodvigatelei na uproșcenie shemî puska i zașcioti, Energeticeskii biulleten (1957) 12, 1.

[7] *Ghiulmamedov I. I*: K opredelenie moșcinosti elektrodvigatelei dlia privoda podemoi lebedki. Energeticeskii biulleten (1957) 50, 1.

[9] *Portnoi Z. T.*: Opredelenie moșcinosti elektrodvigatelei dlia privoda podemoi lebedki. Energeticeskii biulleten (1955) 10, 1.

[10] *Portnoi Z. T., Iunkov G. M.*: O raționalnom elektroprivoda mehanizmov dlia burenia neftianîh skvajin. Energetisceskii biulleten (1955) 1, 11.

[11] *Vottsva A. N.*: K voprosu ob uvelicenii moșcinosti privodnîh dvigatelei burovîh stankov. Energeticeskii biulleten (1955) 12, 1.

[12] *Gurevici M. B.*: Povîşenie nadejnosti i proizvoditelnosti elektrooborudovania v neftianoi promîşlenosti za scet kompaundirovania sinhronnîh i sinhronnizirovannîh dvigatelei. Energeticeskii biulleten (1958) 4, 9.
[13] *Esibian A. M., Fliuşci M. B.*: O sinhronnom elektroprivode burovîh nasosov. Energeticeskii biulleten (1956) 10, 1.
[14] *Marianvoskii I.D.*: Elektriceskoe tormojenie burovîh lebedok. Energeticeskii biulleten (1957) 9, 1.
[15] *Sud D. I.*: K voprosu ob elektriceskom termojenii burovîh lebedok. Energeticeskii biulleten (1958) 3, 14.
[16] *Grekov P. A.*: K state *D. I. Marianovskogo* „Elektriceskoe tormojenie burovîh lebedok". Energeticeskii biulleten (1958) 3, 7.
[17] *Sulhanisvili N. I.*: O state *D. I. Marinovskogo* „Elektriceskoe tormojenie burovîh lebedok". Energeticeskii biulleten (1958) 3, 11.
[18] *Levelle A. J.*: New-magnetic partic brake. The Petroleum Engineer (1957) 1.
[19] *Pampel W.* Issledovanie magnitnîh poroşkovîh muft. Maşinostroenie (1956) 5, 36 şi 6, 10, după Maschienbautechnik **4** (1955) 7, 361.
[20] *Rodgers C. R.*: Faktorî, opredeliaiuşcie vîbor magnitnîh muft skoljenia dlia reguliruemîh privodov Maşinostroenie (1956) 5, p. 61, după Machine Design **27** (1955) 7, 175.
[21] *Sussebach W.*: Magnitnie poroşkovîe muftî i tormoza. Maşinostroenie (1956) 6, 28 — după Feinwerktecnik **59** (1955) 2, 60.
[22] *Omarova M. A.*: Avtomatizaţia spuska instrumenta pri burenii neftianîh skvajin. Energeticeskii biulleten (1958) 5, 1—4.
[23] *Mihailov A. V.*: O raţionalnom elektroprivode mehanizmov dlia burenia neftenosnîh skvajin. Energeticeskii biulleten (1955) 2, 1.
[24] *Sulhanisvili N. I., Skolnikov M. B.*: K state "O raţionalnom elektroprivode mehaniznov dlia burenia neftianîh skvajin". Energeticeskii biulleten (1955) 2.
[25] *Sturman I. L.*: O raţionalnom elektroprivode mehanizmov dlia burenia neftianîh skvajin. Energeticeskii biulleten (1955) 3, 22.
[26] *Comănescu T., Huhulea I.*: Tehnica nouă în energetica petroliferă. Petrol şi Gaze (1956) 10, 533.
[27] *Lari I.*: Perspectivele de dezvoltare ale tehnicii forajului. Petrol şi Gaze (1957) 9—10, 507.
[28] *Portnoi Z. T., Iunkov G. M.*: Razvitie elektroprivoda mehaniznov dlia burenia skvajin i dobîci nefti. Energeticeskii biulleten (1957) 11, 17.
[29] *Babaev Z. A.*: Ekspluataţia sinhronnîh dvigatelei v neftepromîslovîh usloviah. Energeticeskii biulleten (1958) 11, 26.
[30] *Sulhanisvili N. I., Skolnikov M. B.*: Privod burovîh ustanovok s elektromagnitnimi mufta. Energeticeskii biulleten (1956) 2, 11.
[31] * * * Elektromagnitnîe mufti v socetanii s diezel elektriceskim privodom peremenogo toka. Energeticeskii biulleten (1958) 2, 33—după Drilling **17** (1956) 12, 112.
[32] * * * The „varislip" motor-new compact variable spred machine. Electrical Review **162** (1957) 18, 848.
[33] *Portnoi Z. T.*: O primenenii visokovoltnîh elektrodvigatelei dlia bruvîh lebedok gruzopodemnostiu 130 i 200 t. Energeticeskii biulleten (1958) 5, 1.

Intrat în redacţie la 14 iunie 1960.

Pentru tînărul inginer

Consideraţii privind dimensionarea conductorului neutru în reţelele aeriene

Iosif Adămuţ * — Bucureşti

La cererea unui coleg inginer din exploatare, redacţia a cerut autorului un studiu privind criteriile de dimensionare a conductorului neutru în reţelele de joasă tensiune.

Lucrarea se referă la cazul liniilor aeriene în care această dimensionare este la latitudinea proiectantului şi constructorului de reţele.

CZ 621.315.5.052.32

1. Consideraţii generale

Reţelele de distribuţie de joasă tensiune constitue o parte importantă a instalaţiilor energetice, atît din punct de vedere funcţional cît şi valoric. Aceste reţele se construiesc în cablu subteran numai în centrele oraşelor şi în interiorul fabricilor în care este necesară, în exterior, o circulaţie intensă cu instalaţii de ridicat ; în rest se utilizează exclusiv reţeaua aeriană.

Directivele celui de-al III-lea Congres al P.M.R. [1] prevăd că în perioada 1960—1965 se vor electrifica peste 4 000 de sate. Considerînd că în fiecare sat lungimea medie a reţelei electrice ar fi de 5 km [2], rezultă că este necesar a se construi circa 20 000 km de reţea aeriană de joasă tensiune. Avînd în vedere că şi în majoritatea oraşelor ţării se va mai dezvolta reţeaua aeriană de joasă tensiune existentă, iar în gospodăriile colective, în interiorul fabricilor, în exploatările miniere şi forestiere se va construi acelaşi tip de reţea, rezultă că lungimea reţelelor aeriene de joasă tensiune va depăşi cu mult lungimea reţelelor de înaltă şi foarte înaltă tensiune ce se vor construi în aceeaşi perioadă, circa 22 000 km, [1], şi deci şi consumul de materiale necesare va fi mult mai mare [7].

Din aceste motive este indicat a se analiza posibilitatea reducerii costului reţelelor printr-o dimensionare cît mai strînsă a conductoarelor, fără a se prejudicia condiţiile unei funcţionări normale din punct de vedere al tensiunilor şi al pierderilor de energie.

2. Conductorul neutru

În toate reţelele de distribuţie de joasă tensiune unul dintre cele 2—7 conductoare este conductorul neutru sau „nulul". În figura 1 sînt arătate diversele scheme de reţea aeriană de joasă tensiune.

Conductorul neutru este al patrulea conductor al unei reţele trifazate de distribuţie de joasă tensiune, alimentată de la un transformator al cărui secundar are conexiunea stea cu punctul neutru scos în exterior (fig. 1).

Rolul conductorului neutru este multiplu, astfel :

a) permite funcţionarea reţelei în regim dezechilibrat, servind la colectarea diferenţelor de curenţi de pe cele trei faze, diferenţe datorate inegalităţii intensităţilor sau decalajelor [3] ;

* Ing. I. *Adămuţ* este şeful serviciului tehnic al Institutului de Energetică al Academiei R.P.R.

b) datorită lui se dispune şi de a doua tensiune, tensiunea de fază, la care sînt racordate receptoarele monofazate, ca : lămpi, aparate electrocasnice etc., motoarele trifazate rămînînd racordate la tensiunea între faze [2];

c) permite legarea la pămînt a carcaselor metalice a diver selor aparate, motoare etc. [4].

„determinarea pierderilor de tensiune în reţele comune de iluminat particular şi public trebuie să se calculeze separat pentru cele două reţele" [7].

Se observă deci că datorită actualei practici de proiectare şi de exploatare a reţelelor aeriene cu cinci conductoare — trei faze de iluminat particular, o fază de iluminat public

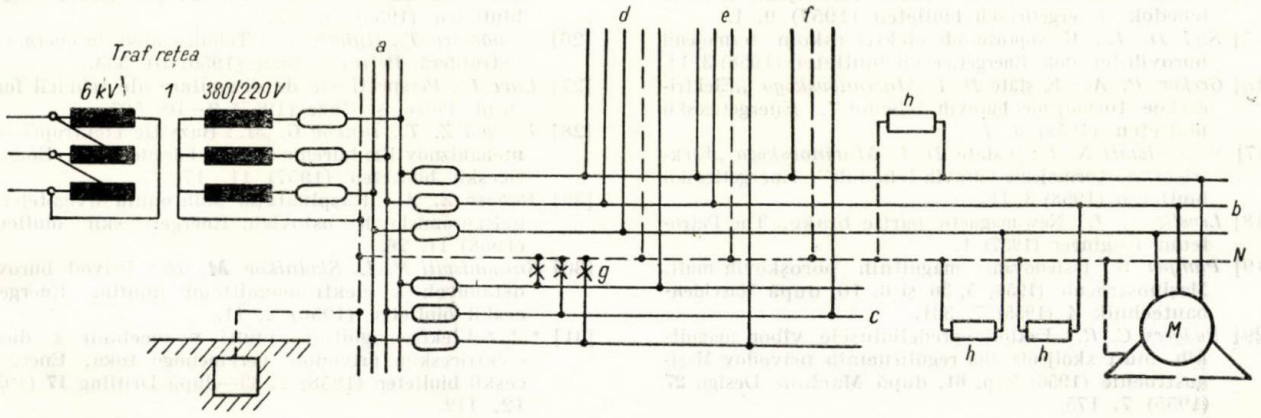


Fig. 1. Schema unei reţele electrice aeriene de joasă tensiune ; *1* — transformator de reţea ; *a* — tablou de distribuţie ; *b* — reţea aeriană trifazată pentru iluminat particular ; *c* — reţea aeriană trifazată pentru iluminat public ; *N* — conductorul neutru (nulul) comun al reţelei cu şapte conductoare ; *d* — reţea aeriană cu cinci conductoare (3 + 1 + 1), trei pentru iluminatul particular, unul pentru iluminatul public şi unul pentru neutru ; *e* —idem cu patru conductoare (2+1+1) ; *f* — idem cu trei conductoare (1+1+1) ; *g* — corpuri de iluminat ; *h* — aparate electrocasnice monofazate ; *M* — motor electric trifazat.

3. Modul actual de proiectare şi de exploatare a reţelelor electrice aeriene

Din punct de vedere al exploatării, în prezent se obişnuieşte să se practice aşa-zisa „echilibrare" a sarcinii pe conductoarele-faze existente în reţea, separat pentru reţeaua de iluminat particular, respectiv pentru cea de iluminat public. Această practică constă în repartiţia uniformă a receptoarelor pe toate fazele existente în reţeaua de cele două tipuri. Procedura îşi are motivarea în faptul că secţiunea tuturor conductoarelor de fază este egală. În adevăr, pentru reţelele aeriene de joasă tensiune de tip rural, sînt prescrise următoarele secţiuni [5] :

şi un conductor neutru comun — sarcina acestuia din urmă este diferită de zero şi deci trebuie luată în considerare căderea de tensiune de pe nul, consecinţă a acestui curent. Preocuparea personalului de exploatare şi a proiectantului, prin însăşi metodologia actuală de construcţie a acestui tip de reţele aeriene, constă în utilizarea completă a conductoarelor de fază, neglijîndu-se fenomenele electrice ce au loc pe conductorul neutru.

Din această cauză sînt foarte dese cazurile, cînd abonaţii particulari se plîng de scăderea sau de ridicarea tensiunii, cînd se aprinde iluminatul public.

Tabela 1

Regiunea	Secţiunea conductoarelor de aluminiu admise la deschideri de 40 m pntru reţea cu trei conductoare	Secţiunea conductoarelor de aluminiu pentru reţeaua cu cinci conductoare la deschiderea :		
		30 m	35 m	40 m
I	3×16—3×35	3×16+16+16	3×25+25+25 3×25+25+16 3×25+16+16	3×35+35+35 3×35+35+25 3×35+25+25 3×35+25+16 3×35+16+16 3×25+16+16 2×16+16+16
II	3×16—3×35	—	—	5×16— 5×35

În ceea ce priveşte proiectarea acestor reţele se utilizează dimensionarea la căderea de tensiune de 7% pentru iluminat particular şi 8% pentru iluminat public. „Calculul căderilor de tensiune se face separat pentru reţeaua de iluminat public şi pentru cea de alimentare a abonaţilor" [5]. În calcule se presupune că sarcinile celor trei faze sînt egale şi nu mai este luată în considerare căderea de tensiune pe nul [5].

În literatura sovietică [3], [6], la reţelele numai cu patru conductoare „reţelele de iluminat particular", pentru sarcini neegale pe faze, se ţine seamă de această cădere de tensiune. Totuşi, secţiunea conductoarelor de fază se ia egală la toate fazele, iar cea a conductorului neutru se alege egală cu 50% din secţiunea conductoarelor de fază [2], [8]. De notat că

4. Valoarea posibilă a curentului pe conductorul neutru la o reţea cu cinci conductoare

4.1. S-a văzut din cele de mai sus că, deşi valoarea teoretică a curentului conductorului neutru ar trebui să fie practic zero, din motive de proiectare şi de exploatare nu se realizează acest deziderat tehnico-economic, sarcina „nulului" variind de la valoarea curentului fazei de iluminat public, pînă la valori oricît de mari.

În adevăr, să considerăm cazul unei astfel de reţele (fig. 2).

Se cunoaşte din practica reţelelor că conductoarele *A'*, *B* şi *C* servesc pentru alimentarea receptoarelor electrocas-

nice — reţeaua de abonaţi — iar conductorul A″ serveşte pentru alimentarea lămpilor de iluminat public.

Fie $\underline{I}_{A'}, \underline{I}_B, \underline{I}_C$, curenţii din prima reţea — $\underline{I}_{A''}$ curentul de iluminat public şi I_0, curentul rezultant pe „nul". Se observă că, curenţii $\underline{I}_{A'}$ şi $\underline{I}_{A''}$, sînt de fapt curenţi ai aceleiaşi faze, faza 1 a transformatorului. Ei sînt separaţi numai datorită unor motive de ordin funcţional, şi anume din necesitatea cerută iluminatului public de a se scoate sau a se pune în funcţiune numai la anumite ore, printr-o comandă oarecum centralizată.

În figura 3 se arată diagrama curenţilor pentru $\underline{I}_{A'} \neq \underline{I}_B \neq \underline{I}_C$. S-a considerat că decalajele între curenţi şi tensiuni sînt egale şi de natură inductivă [3]. Deci

$$\varphi_{A'} = \varphi_B = \varphi_C = \varphi. \tag{1}$$

Această ipoteză simplificatoare este şi reală, deoarece motoarele (M), ca elemente principale ce contribuie la decalajul dintre curenţi şi tensiune, produc efecte egale pe toate fazele ; receptoarele electrocasnice sînt în general receptoare de natură ohmică, astfel că, curentul lor este în fază cu tensiunea. Din acelaşi motiv $\underline{I}_{A''}$ este în fază cu $\underline{U}_1$, deci :

$$\varphi_{A''} = 0. \tag{2}$$

Aplicăm legea 1 a lui K i r c h h o f f nodului dat de nul, în ipoteza că toate receptoarele sînt racordate în acelaşi punct. Astfel vom avea :

$$\underline{I}_0 = \underline{I}_A + \underline{I}_B + \underline{I}_C + \underline{I}_A. \tag{3}$$

Însemnînd cu I'_0 curentul din „nul" datorat sarcinilor din fazele „de particular", ecuaţia (3) devine :

$$\underline{I}_0 = \underline{I}'_0 + \underline{I}_A. \tag{3'}$$

Aplicînd teorema lui Pitagora generalizată sub formă trigonometrică triunghiului format din vectorii $\underline{I}_{A''}, \underline{I}'_0, \underline{I}_0$, avem :

$$I_0 = \sqrt{I_{A''}^2 + 2\, I_{A''} I'_0 \cos\alpha + I_0'^2} \tag{4}$$

unde α este unghiul variabil de la 0 la 2π, format de $\underline{I}'_0$ cu $\underline{I}_{A''}$, adică cu $\underline{U}_1$ luat ca axă de referinţă.

Notînd valoarea raportului curenţilor I'_0 şi $I_{A''}$ cu m [6], [12], avem :

$$m = \frac{I'_0}{I_A}. \tag{5}$$

Din (5) rezultă :

$$I'_0 = m\, I_{A''} \tag{5'}$$

Înlocuind valoarea lui I'_0 în (4), rezultă :

$$I_0 = I_{A''} \sqrt{1 + 2\, m \cos\alpha + m^2} \tag{6}$$

Evident că I_0 variază o dată cu funcţia de două variabile (α şi m), de sub radical :

$$z = 1 + 2\, m \cos\alpha + m^2. \tag{7}$$

Valorile maxime şi minime ale funcţiei z sînt date de ecuaţiile [9] :

$$\text{(a)}\quad \frac{\partial z}{\partial m} = 2\,(m + \cos\alpha) = 0,$$
$$\text{(b)}\quad \frac{\partial z}{\partial \alpha} = -\,2\, m \sin\alpha = 0. \tag{8}$$

Din ecuaţia (8a), avem :

$$m = -\cos\alpha; \tag{9}$$

substituind în ecuaţia (8b), rezultă :

$$2 \sin\alpha \cos\alpha = 0\,;\ \sin 2\alpha = 0 \tag{8b'}$$

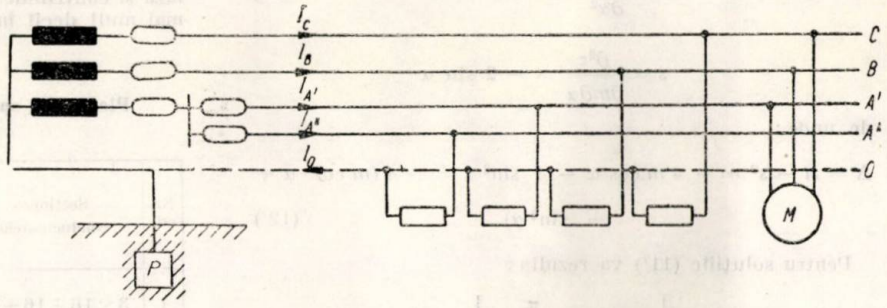


Fig. 2. Schema unei reţele electrice cu cinci conductoare.

a cărei soluţie este :

$$2\alpha = K\pi \,(K = 0,\ \pm 1,\ \pm 2, \ldots)$$

$$\alpha = K\frac{\pi}{2}\,. \tag{10}$$

Ţinînd seamă de (9) şi (10), grupurile de soluţii ale lui (8) vor fi :

$$\begin{aligned} &K = 0 \quad ; \quad \alpha_1 = 0 \quad ; \quad m_1 = -1 \\ &K = \pm 1\,; \quad \alpha_2 = \pm\frac{\pi}{2}\,; \quad m_2 = 0 \\ &K = \pm 2\,; \quad \alpha_3 = \pm\,\pi \;; \quad m_3 = 1 \\ &K = \pm 3\,; \quad \alpha_4 = \pm 3\frac{\pi}{2}\,; \quad m_4 = 0 \end{aligned} \tag{11}$$

sau generalizînd,

$$\alpha_{2,4\ldots} = (2n+1)\frac{\pi}{2} \text{ pentru } n = 0,1,2,3,4,\ldots$$

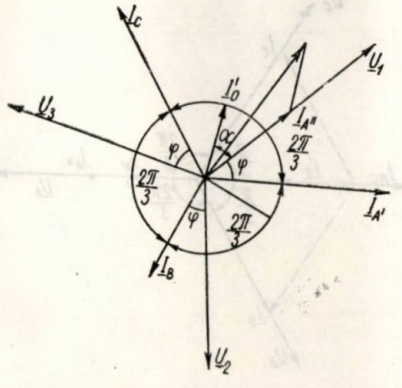


Fig. 3. Diagrama curenţilor şi tensiunilor.

$$m_{2,4\ldots} = 0 \tag{11'}$$

$$\alpha_3 = (2n+1)\,\pi \text{ pentru } n = 0,1,2,\ldots$$

$$m_3 = 1$$

Grupul de soluţii, $m_1 = -1$ s-a eliminat, neavînd sens fizic, m fiind un număr pozitiv ca raportul a două amplitudini ale unor curenţi.

Pentru stabilirea naturii valorilor extreme, calculăm expresia $\Delta = rt - s^2$ din derivatele parțiale de ordinul doi. Rezultă:

$$r = \frac{\partial^2 z}{\partial m^2} = 2$$

$$t = \frac{\partial^2 z}{\partial \alpha^2} = -2m\cos\alpha \qquad (12)$$

$$s = \frac{\partial^2 z}{\partial m \partial \alpha} = -2\sin\alpha$$

de unde:

$$\Delta = rt - s^2 = -4m\cos\alpha - 4\sin^2\alpha = -4(m\cos\alpha + \sin^2\alpha). \qquad (12')$$

Pentru soluțiile (11′) va rezulta:

pentru punctul $M_2\left[(2n+1)\frac{\pi}{2}, 0\right]$, cu $\Delta = -4 < 0$ și $r_2 > 0$, z nu are extrem: $z = 1$;

pentru punctul M_3 $[(2n+1)\pi, 1]$, cu $\Delta = +4 > 0$ și $r_3 > 0$, z este minim: $z = 0$.

4.2. Discuția acestor valori din punct de vedere tehnico-economic.

Se vede din calculele de mai sus, că situația cea mai favorabilă pentru curentul de pe conductorul neutru o avem în cazul cînd $m = 1$, adică $I'_0 = I_{A''}$ și $\alpha = \sphericalangle I_{A''}\, I'_0 = \pi$ (fig. 4); adică curentul rezultant pe „nul", datorită abonaților „particulari", trebuie să fie egal și de semn contrar cu curentul datorit „iluminatului public".

Pentru ca $I'_0 \neq 0$, este necesar ca cei trei curenți $I_{A'}$, I_B și I_C să nu fie egali, deși conductoarele au aceeași secțiune. De exemplu, în cazul satelor principale, unde puterea necesară locuințelor este de 800 W/100 ml [5], iar puterea necesară iluminatului exterior este de 200 W/100 ml, considerînd cîte o sursă de lumină de 60—75 W pe fiecare stîlp, rezultă că este necesar a repartiza cîte 335 W pe fazele B și C și numai 130 W pe faza A'. O astfel de repartiție se consideră însă în prezent ca neeconomică, aprioric și se caută ca în limitele practic posibile să se împartă sarcina egal pe toate cele trei faze.

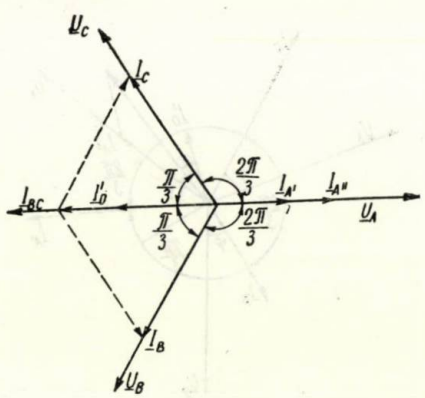


Fig. 4. Diagrama curenților pentru $m = 1$.

În acest caz însă, $I'_0 \simeq 0$ și deci $m = 0$, iar $I_0 = I_A$, adică curentul pe conductorul neutru este egal cu curentul fazei de iluminat public, funcționare mai neeconomică decît în cazul prim, datorită pierderilor de energie pe conductorul neutru.

În tabela 2 se arată comparativ pierderile de energie pe km și oră pentru diversele tipuri de rețele de joasă tensiune numai pentru sarcina datorită iluminatului casnic (W_2) și iluminatului public (W_1) [5]. Celelalte consumuri (W_3) consumatorii de lumină cu o putere instalată peste 1 kW, W_4, consumatori de forță cu o putere instalată peste 2 kW nu s-au luat în considerare, fiind în general întîmplătoare. Evident că aceste sarcini măresc intensitatea numai pe conductoarele fază și contribuie la mărirea pierderilor pentru cazul $m = 1$, mai mult decît în cazul m = 0.

Tabela 2

Pierderile specifice de energie pentru m variabil. Situație comparativă

Nr. crt.	Secțiunea conductoarelor	ΔP (Wh/km) $m = 1$, $\alpha = \pi$	ΔP (Wh/km) $m = 0$, $\alpha = \frac{3\pi}{2}$	Observații
1	3×16+16+16	10,5	11	$U = 220$ V
2	3×25+25+25	6,7	7,1	$\Delta P_1 = 2R_B \cdot I_B^2 + R_{A'} I_{A'}^2 + R_{A''} I_{A''}^2 =$
3	3×25+25+16	6,7	7,6	$= \frac{1000}{34}\left[\frac{4,86}{S_{A'}} + \frac{0,81}{SA''}\right]$
4	3×25+16+16	7,2	8,1	$\Delta P_2 = 3R_{A'} I_{A'}^2 + R_{A''} I_{A''}^2 + R_0 \cdot I_0^2 =$
5	3×35+35+35	4,8	5,1	$= 3R_{A'} I_{A'}^2 + I_{A''}^2 (R_{A''} + R_0) =$
6	3×35+35+25	4,8	5,3	$= \frac{1000}{34}\left[\frac{4,4}{S_{A'}} + 0,81\left(\frac{1}{S_{A'}} + \frac{1}{S_0}\right)\right]$
7	3×35+25+25	5,0	5,6	
8	3×35+25+16	5,0	6,15	
9	3×35+16+16	5,58	6,68	

Se observă că pierderile de energie sînt mai mari în cazul în care avem o circulație de curent pe „nul". Pe de altă parte, nici în cazul întîi nu este utilizată rațional secțiunea conductorului fază A', care este subîncărcat față de conductoarele B și C.

4.3. Variația lui $y = \sqrt{z}$ și I_0 pentru diverse valori ale lui m și α, diferite de extreme.

Curentul din conductorul neutru poate lua valori diferite, după cum variază parametrii α și m, cuprinși în funcția y, precum și $I_{A''}$ din ecuația (6).

A. Reprezentarea grafică a lui y pentru m variabil și α constant. Vom considera că α ia valori dinainte fixate, și anume: $0, \frac{\pi}{2}, \pi, \frac{3\pi}{2}, 2\pi$. În acest caz $I_0 = I_{A''}\sqrt{1 + 2m\cos\alpha + m^2}$, devine o funcție cu o singură variabilă m. Deci I_0 va varia odată cu funcția irațională, care are forma: $y = \sqrt{ax^2 + bx + c}$ cu $a > 0$ și b, parametru.

O astfel de funcție reprezintă o familie de hiperbole ce au o axă de simetrie pe $Om = Ox$, iar a doua axă este o familie de drepte paralele cu Oy, avînd abscisa $m = -\frac{b}{2a} = -\cos\alpha$ [10].

Vîrfurile acestor hiperbole au coordonatele:

$$(-\cos\alpha, \pm\sin\alpha) \qquad (13)$$

Funcţia are extreme, dacă $\Delta = 4\,ac - b^2 > 0$ şi $a > 0$. În cazul nostru $\Delta > 0$ pentru $-1 < \cos\alpha < +1$, adică pentru α cuprins între 0 şi 2π.

Tabela 3

Valorile lui y şi m la vîrfurile hiperbolelor

α	0	$\frac{\pi}{2}$	π	$\frac{3\pi}{2}$	2π	
cos	1	0	−1	0	1	$\alpha=0$; $y = \pm\,(m+1)$
sin	0	1	0	−1	0	$\alpha=\frac{\pi}{2}$; $y=\sqrt{m^2+1}$
m	−1	0	1	0	−1	$\alpha=\pi$; $y = \pm\,(m-1)$
y	0	1	0	1	0	

Valorile negative ale lui y nu sînt reţinute, neavînd sens fizic, deoarece ne interesează valorile absolute ale lui I_0; idem şi valorile negative ale lui m.

Reprezentarea grafică a funcţiei se face folosindu-ne de tabela 3 (figura 5).

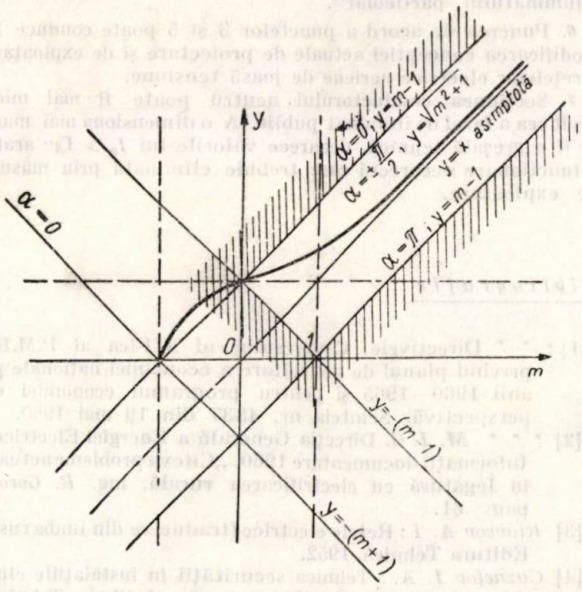


Fig. 5. Variaţia funcţiei y, cînd variază m, pentru α parametru constant (diverse valori).

Domeniul de variaţie a lui y este delimitat de dreptele (hiperbole la limită).

$$y = m + 1\,;$$
$$y = m - 1\,; \qquad (14)$$
$$y = -(m-1).$$

Se observă că funcţia este crescătoare şi poate lua orice valori în funcţie de m şi α. Ea tinde către infinit, cînd m este infinit, adică $I_{A''} \to 0$.

B. Reprezentarea grafică a lui y pentru α variabil şi m constant. În acest caz funcţia iraţională y devine :

$$y = \sqrt{m^2 + 2\,m\cos\alpha + 1}\,.$$

Pentru $m = 0$; $y = 1$ o dreaptă paralelă cu axa absciselor.

Pentru $m = 1$; $y = \sqrt{2\,(1+\cos\alpha)} = 2\cos\frac{\alpha}{2}$ o cosinusoidă.

Pentru $m = 2$; $y = \sqrt{4\cdot 2\cos^2\frac{\alpha}{2}+1}$ o curbă de grad superior.

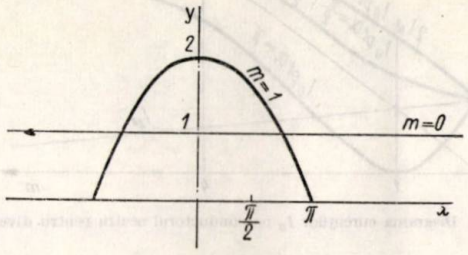


Fig. 6. Variaţia lui y, cînd variază α şi m este constant.

C. Valoarea curentului I_0 pe conductorul neutru. S-a văzut că I_0 are expresia dată de relaţia (4), funcţie de I_0', I_A'' şi α

$$I_0 = \sqrt{I_{A''}^2 + I_0'^2 + 2\,I_{A''}\,I_0'\cos\alpha}$$

Putem scrie inegalitatea

$$\left|I_{A''} - I_0'\right| \leqslant \sqrt{I_{A''}^2 + I_0'^2 + 2\,I_{A''}\,I_0'\cos\alpha} \leqslant I_{A''} + I_0' \qquad (14)\ [13]$$

Deci valoarea minimă a lui I_0 va fi $\left|I_{A''} - I_0'\right|$, pentru $\alpha = \pi$, adică cei doi curenţi sînt în opoziţie de fază ; valoarea maximă a lui I_0 va fi $I_{A''} + I_0'$, pentru $\alpha = 0$, adică cei doi curenţi sînt în fază.

Evident că în funcţie de valorile lui $I_{A''}$ şi I_0', I_0 poate avea valori oricît de mari.

Curba de variaţie a lui I_0, între aceste două valori extreme, este dată de ecuaţia (6).

$$I_0 = I_{A''}\,y.$$

a) Pentru cazul α egal parametru constant şi m variabil, avem tabela 4 şi figura 7.

Tabela 4

Valorile lui I_0 pentru α = constant şi m variabil

α	parametru constant			
I_0'	0	$I_{A''}\neq 0$ crescător	constant	constant
$I_{A''}$	$>0=I_{A''}$	$I_0' \neq 0$	descrescător	0
m	0	1	creşte >1	∞
y	1	$2\cos^2\frac{\alpha}{2}$	$\sqrt{m^2+1+2\,m\cos\alpha}$	∞
I_0	$I_{A''}$	$2I_{A''}\cos^2\frac{\alpha}{2}$	$I_{A''}\,y$	I_0'

S-a presupus că $I_{A''}$ (curentul de iluminat public) este descrescător pînă la zero, pentru reţelele slab încărcate; curentul I'_0 este crescător de la zero pînă la o valoare de 4 $I_{A''}$ şi apoi este constant.

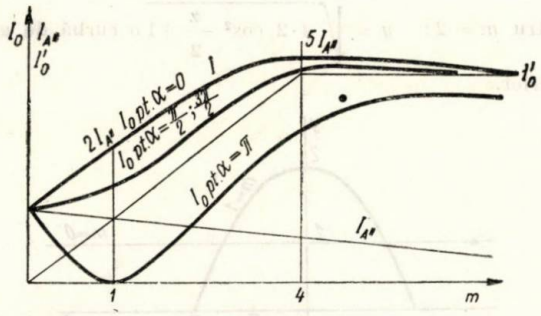


Fig. 7. Diagrama curenţilor I_0 pe conductorul neutru pentru diverşi α.

Se observă că I_0 tinde către I'_0 pentru m egal cu infinit.

b) Valorile lui I_0 pentru m parametru şi α variabil, avem tabela 5 şi figura 8.

Tabela 5

Valorile lui I_0 pentru α variabil

cos α	α	y	I_0 general	I_0 în cazuri particulare	
				$m=0$	$m=1$
-1	π	$\pm(m-1)$	$\lvert I_{A''} - I'_0 \rvert$	$I_{A''}$	0
0	$\frac{\pi}{2}$	$\sqrt{m^2+1}$	$\sqrt{I^2_{A''}+I'^2_0}$	$I_{A''}$	$\sqrt{2}\,I_{A''}$
1	0	$\pm(m+1)$	$I_{A''} + I'_0$	$I_{A''}$	$2\,I_{A''}$

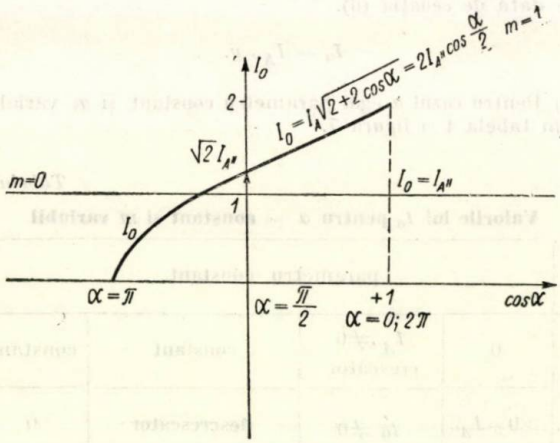


Fig. 8. Variaţia lui I_0 pentru α variabil. Pentru $m=0$, I_0 este o dreaptă; pentru $m=1$, I_0 este un arc de parabolă.

Evident că ecuaţia lui I_0 se pretează la discuţii şi mai ample. Pentru prezentarea de faţă s-au luat ca parametri de bază $I_{A''}$, m şi cos α, unde $m=\frac{I'_0}{I_{A''}}$ arată gradul de dezechilibru al sarcinii pe „nul" pentru $I_{A''}$ variabil şi I'_0 constant şi numai pe o anumită porţiune variabil.

Problema se poate trata considerînd pe I'_0 variabil de la o valoare oarecare pînă la zero şi pe $I_{A''}$ variabil pe o anumită porţiune şi apoi constant. Adică $n=\frac{I_{A''}}{I'_0}$ şi deci $I_0 = I'_0\sqrt{n^2+2n\cos\alpha+1}$. Rezolvarea în acest caz va fi identică cu aceea prezentată mai sus.

Concluzii

1. Sarcina conductorului neutru a unei reţele cu cinci conductoare poate varia în limite foarte mari, de la zero pînă la valori practic infinite, funcţie de $I_{A''}$, I_0 şi α.

2. Pentru încărcări echilibrate a fazelor de „iluminat particular", sarcina pe conductorul de „nul" este aproximativ egală cu sarcina fazei de „iluminat public".

3. Curentul pe „nul" se poate micşora spre zero, numai printr-o repartiţie nesimetrică a sarcinilor pe fazele de „iluminat particular", şi anume sarcina fazei corespunzătoare „iluminatului public" trebuie să fie egală cu sarcina fiecăreia din celelalte două faze mai puţin sarcina „iluminatului public".

4. Funcţionarea în sistemul arătat la pct. 2 este mai neeconomică decît în sistemul indicat la punctul 3.

5. Realizarea unei funcţionări conform punctului 3, conduce la o neutilizare raţională a unuia din conductoarele „iluminatului particular".

6. Punerea de acord a punctelor 3 şi 5 poate conduce la modificarea concepţiei actuale de proiectare şi de exploatare a reţelelor electrice aeriene de joasă tensiune.

7. Secţiunea conductorului neutru poate fi mai mică decît cea a fazei de iluminat public. A o dimensiona mai mare ar fi o greşală tehnică, deoarece valorile lui $I_0 > I_{A''}$ arată o funcţionare necorectă care trebuie eliminată prin măsuri de exploatare.

Bibliografie

[1] * * * Directivele Congresului al III-lea al P.M.R., privind planul de dezvoltare a economiei naţionale pe anii 1960—1965 şi pentru programul economiei de perspectivă. Scînteia nr. 4837 din 19 mai 1960.

[2] * * * *M. I. G.* Direcţia Generală a Energiei Electrice: Informaţii documentare 1960. „Cîteva probleme actuale în legătură cu electrificarea rurală, ing. *R. Goron*, pag. 61.

[3] *Riabcov A. I.*: Reţele electrice (traducere din limba rusă) Editura Tehnică, 1952.

[4] *Cuznefov I. A.*: Tehnica securităţii în instalaţiile electrice (traducere din limba rusă). Editura Tehnică, 1952.

[5] * * * *M.I.G.*, I.S.P.E.: Indrumarul pentru proiectarea reţelelor electrice aeriene de joasă tensiune din zona rurală. 1960, reeditare, Planşa E 212—59E nr. 201.

[6] *Gorodeţkii G. M.*: Rasciot elektriceskih setei. Gostehizdat 1953, Kiev.

[7] *Glazunov A. A.*: Reţelele sistemelor electrice (traducere din limba rusă). Editura Tehnică, 1951.

[8] *Karpov F. F.*: Cum se alege secţiunea conductoarelor şi cablurilor (traducere din limba rusă). Editura Tehnică, 1960.

[9] *Ciorănescu N. N., Roşculeţ M.*: Culegere de probleme de algebră şi analiză matematică. Editura Tehnică, 1959.

[10] *Mihăilescu Nicolae*: Memorator matematic şi tehnic.

[11] * * * Manualul inginerului electrician, VII.

[12] * * * *M.E.E.I.E.* Culegere de material documentar din revistele sovietice. Reţele electrice urbane E.E.S., 1954.

[13] *Ciorănescu N.*: Curs de algebră şi analiză matematică. Editura Tehnică, 1958.

Intrat în redacţie la 14 iunie 1960.

Note

Cuple electromagnetice cu pulbere

CZ 621.839.8: 621.318.22

1. **Consideraţii generale.** Acţionarea electrică a diferitor mecanisme, atît în sisteme de transmisii la puteri mari, cît şi la servomecanisme sau, în general, la sisteme de reglaj automat, prin multiplele condiţii ce se pun acesteia — cu aspect funcţional sau constructiv — a impus dezvoltarea şi aplicarea tot mai largă a noi elemente de acţionări, printre care se enumeră şi cuplele electromagnetice cu pulbere.

După caracterul transmiterii cuplului motor, aceste cuple fac parte din grupa cuplelor cu fricţiune, iar după modul cum iau naştere forţele ce acţionează, din grupa cuplelor electromagnetice. Spre deosebire însă de cuplele electromagnetice cu fricţiune, în aceste cuple nu sînt părţi componente care în timpul funcţiunii să aibă o deplasare axială, pentru revenire în stare iniţială nu mai este nevoie de resorturi, iar frecarea nu mai are loc între piese special destinate şi supuse uzurii.

Principalele calităţi a acestor cuple, care au condus la studierea şi aplicarea lor tot mai largă sînt următoarele:

— caracteristica de funcţionare — $M = f(I_e)$ este o funcţie liniară,

— puterea de comandă (excitaţie) necesară, foarte mică 0,05—0,1% din puterea transmisă la puteri de ordinul 500 kW şi 1—1,5% pentru puteri de ordinul sutelor de W [1];

— transmiterea cuplului se face fără şocuri, iar constanta de timp proprie este mică (pentru o cuplă de 20 kgm), $T = 0{,}01$ s [2], în una de 14 kgcm $T = 0{,}0075$ s [3];

— au gabaritul şi greutatea relativ reduse.

Astfel sînt aplicate în construcţia de maşini-unelte ca elemente de pornire, schimbătoare de viteză, transmisii elastice, elemente de siguranţă, frîne, şi altele [1], [4], [5], [6], în sisteme de reglaj automat ca amplificatoare, elemente pentru reglajul vitezei, reglajul cuplului, şi altele [7], [8], [9], sisteme de urmărire [3], şi în multe alte domenii, folosindu-se atît elemente simple cît şi blocuri reversibile de cîte două cuple elementare. În toate aceste domenii de aplicaţii, forma şi tipul construcţiei precum şi parametrii principali ai cuplei au fost adoptate specificului. Pentru acest motiv apare mulţimea de tipuri constructive întîlnită în literatură.

2. **Principiul de funcţionare.** Cupla electromagnetică cu pulbere este compusă din două părţi mobile fiecare fiind fixe pe cîte un ax: axul motor şi respectiv axul ce urmează a fi antrenat. Între cele două părţi mobile, mai precis între suprafeţele active ale acestora, se lasă un spaţiu care se umple cu pulbere feromagnetică (fig. 1).

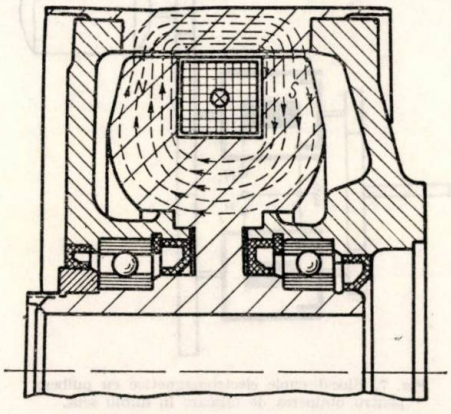


Fig. 1. Reprezentarea de principiu a cuplei electromagnetice cu pulbere.

Funcţionarea cuplei se bazează pe proprietatea pulberii feromagnetice de a forma o masă compactă sub acţiunea cîmpului magnetic şi deci a transmite prin intermediul acestuia un cuplu mecanic. Cîmpul magnetic este produs de o înfăşurare de comandă (excitaţie) la bornele căreia se aplică semnalul de comandă (tensiunea de excitaţie)

La anumite valori ale cuplului rezistent şi anume atunci cînd forţele de coeziune în masa particulelor de pulbere aflată sub acţiunea cîmpului magnetic, sînt depăşite ca valoare de forţele ce acţionează asupra părţii antrenate dinspre mecanismul antrenat, are loc alunecarea părţii antrenate faţă de cea motoare, cuplul transmis rămînînd constant.

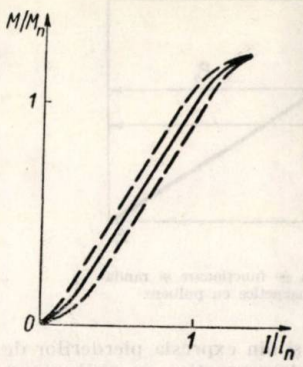


Fig. 2. Caracteristica $M = f(I_e)$ a cuplelor electromagnetice cu pulbere.

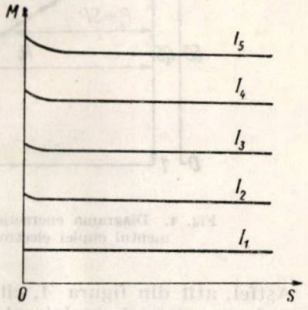


Fig. 3. Caracteristica $M = f(s)$ pentru cupla electromagnetică cu pulbere.

Dacă dispare semnalul de intrare (tensiunea de excitaţie) atunci cuplul transmis scade brusc la valoarea cuplului remanent.

Cuplul transmis (M) este o funcţie liniară de fluxul magnetic Φ, respectiv curentul de excitaţie i_e (fig.2).

$$M = C\ \Phi$$

Această funcţie nu este univocă ci prezintă o zonă ce se datoreşte histerezisei mecanice a pulberii [3], [10].

Coeficientul de proporţionalitate C este determinat de proprietăţile magnetice ale pulberii şi de parametrii dimensionali ai acesteia precum şi ai cuplei (permeabilitatea magnetică, granulaţie, factor de umplere, forţa de coeziune şi altele).

Aşadar, cuplul transmis nu depinde de alunecare (fig.3), ceea ce asigură un domeniu larg de aplicaţii [prin scheme adecvate practic se poate obţine orice caracteristică $M = f(s)$].

Dacă funcţionarea în regim nominal ($s \approx 0$) se caracterizează în special prin avantaje faţă de alte dispozitive asemănătoare, nu acelaşi lucru se poate afirma la funcţionarea la alunecări mari. Reglajul de viteză se face la cuplu constant $M = \text{const.} = 975\ \frac{p}{n}$ de unde rezultă că randamentul cuplei va fi:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \simeq \frac{n_2}{n_1}$$

sau,

$$\eta = 1 - s$$

unde:

P_1 — puterea la axul motor;

P_2 — puterea transmisă la axul antrenat;

n_1, n_2 — vitezele de rotaţie a celor două axe-motor antrenate;

s — alunecarea.

În figura 4, este reprezentată curba $\eta = f(s)$ şi diagrama energetică de funcţionare a cuplei.

Pierderea de energie sub formă de căldură ce are loc în timpul funcţionării cu alunecarea s, poate fi exprimată ţinînd seamă de puterea transmisă:

$$P_2 = P_1 - P_s$$

sau

$$P_s = P_1 s$$

de unde $$W = P_1 s.t$$

sau, $$W = \frac{n_2 - n_1}{975} \cdot M_1 \, t$$

unde

t este timpul cît a durat funcţionarea la viteza n_2;

n_1, M_1, viteza respectiv cuplul axului motor.

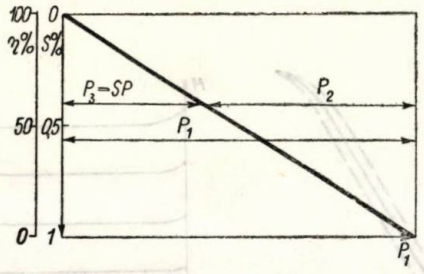


Fig. 4. Diagrama energetică de funcţionare şi randamentul cuplei electromagnetice cu pulbere.

Astfel, atît din figura 4, cît şi din expresia pierderilor de energie, rezultă că cuplele electromagnetice cu pulbere nu sînt proprii reglajului de viteză, atît din punctul de vedere al randamentului scăzut la care funcţionează, cît şi din punctul de vedere al măsurilor ce trebuie luate pentru evacuarea căldurii produse în masa de pulbere. Totuşi, în sisteme de reglaj automat şi de urmărire, unde se lucrează cu puteri relativ mici, iar pierderile nu joacă un rol hotărîtor, se folosesc astfel de cuple în special în regim de alunecare sau pentru schimbări repetate de sens.

Pentru proiectarea unei cuple este necesar a se cunoaşte pe lîngă regimul de funcţionare şi unele proprietăţi ale materialelor folosite. Unele indicaţii în legătură cu proiectarea cuplelor sînt date în literatură [11—17] fără ca aceasta să elucideze toate aspectele legate de proiectarea şi realizarea lor.

***3.* Materialele folosite în construcţia cuplelor electromagnetice cu pulbere.** În urma unor cercetări efectuate [1], [5], [10], [11] a rezultat că, condiţiile ce se pun pulberii feromagnetice sînt următoarele:

a) să aibă o permeabilitate magnetică μ ridicată;

b) să fie cît mai omogenă;

c) în timp să nu-şi schimbe caracteristicile;

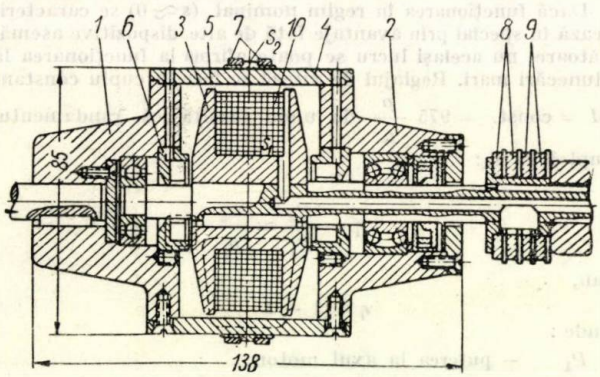


Fig. 5. Cuplă electromagnetică cu pulbere (construcţie tobă): *1,2* — capace (material nemagnetic); *3* — miezul cuplei (oţel); *4* — corpul în formă de inel (oţel); *5* — întrefier; *6* — dispozitiv electromagnetic de etanşare; *7* — inele de contact ale acestui dispozitiv; *8* — inele de contact; *9* — inele de contact pentru măsurători; *10* — înfăşurări de excitaţie.

d) să aibă un preţ de cost cît mai mic. Toate aceste condiţii conduc la realizarea unor forţe de coeziune specifice cît mai mari, de durată cît mai lungă cu mijloace cît mai ieftine. Acestor condiţii, se pare, că cel mai bine corespund pulberile de formă sferică obţinute din oţel moale (carbonul şi oxigenul înrăutăţeşte μ). În ceea ce priveşte dimensiunile se fac unele recomandări fiind cuprinse între unităţi de microni, pentru puteri mici şi de ordinul zecimilor de milimetri pentru cuple

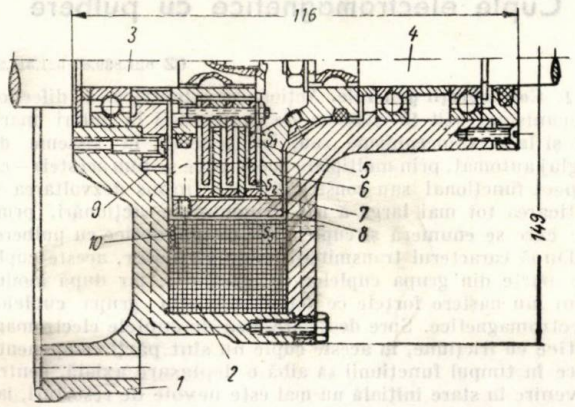


Fig. 6. Cuplă electromagnetică cu pulbere (construcţie cu mai multe discuri): *1* — capacul motorului executat sub formă de corp al cuplei (fontă); *2* — înfăşurarea de excitaţie (fixă); *3* — axul motorului; *4* — axul cuplei (automat); *5* — discurile cuplei (oţel); *6* — elementul automat; *7,8,9* — elemente pentru etanşare.

de puteri mijlocii şi mari. Pentru a uşura condiţiile de funcţionare şi în special pentru a asigura o viaţă mai lungă pulberii, se folosesc diferite materiale pentru ungere. Astfel s-au dezvoltat cuplele cu emulsie în care pulberea este suspendată într-o baie de ulei. Alte materiale folosite sînt talcul, bioxidul de siliciu, grafitul.

În alegerea materialului auxiliar trebuie ţinut seamă ca acesta să aibă o conductibilitate termică ridicată şi să nu prezinte schimbări fizice sau chimice la temperatura normală de funcţionare. Dintre materialele amintite cel mai bine corespunde grafitul.

Astfel într-o experienţă de control efectuîndu-se inversări de sens repetate, temperatura sistemului s-a menţinut constantă la 110°C şi după 1 200 ore de funcţionare, cuplul a variat numai cu 5 % [5]. Cu privire la celelalte materiale folosite se recomandă pentru circuitul magnetic oţel electrotehnic turnat, sau fontă electrotehnică îmbunătăţită cu un adaos de siliciu şi tratată termic, pentru circuitul electric-cupru şi respectiv inelele colectoare din alamă iar periile din grafit.

Folosirea unor materiale speciale dar scumpe nu este justificată.

În figurile 5,6,7 se dau diferite tipuri de construcţii de cuple electromagnetice cu pulbere

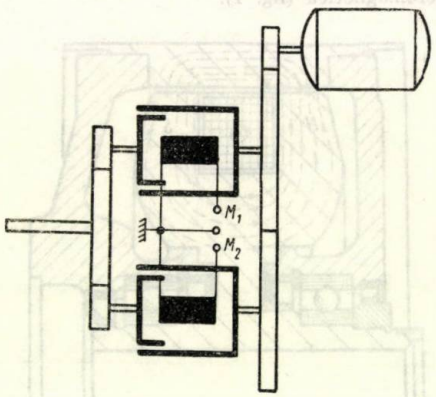


Fig. 7. Bloc de cuple electromagnetice cu pulbere pentru obţinerea de mişcare în dublu sens.

Bibliografie

[1] *Sussebach W.*: Cuple şi frîne magnetice cu pulbere. Feinwerktechnik **59** (1955) 2,60 sau Maşinostroenie **36** (1956) 6, 28.

[2] * * * — Vier neu Magnetpulver Kupplungen E.E.G. Mittulungen **49** (1959) 2/3, 176.

[3] *Glazenko T.A.*: Reversirovanaia sistema avtomaticescovo regulirovania scorosti s electromagnitnîmi poroşcovîmi muftami. Electricestvo **91** (1960), 21.

[4] *Sussebach W.*: Cuplă electromagnetică cu pulbere ca element de acţionare electrică în maşinile de ridicat şi transport. Forden und Heben **8** (1958) 3, 119—123 136/1—136/IV.

[5] *Grunert A.*: Kupplungen mit elektromagnetischen Schaltbetatigung. Der Maschinenbau (1955), **11**, 317; (1955), **12**, 339; (1956), 1, 21; (1956) 2,53.

[6] Ing. *B. Böhne*: Magnetöul-und Magnetpulver Kupplungen. Maschinenbautechnik (1954) 8, 397.

[7] *Konovalov G.F. Flid I.I.*: Electroprivod s poroşcovîmi muftani. Avtomatica i telemehanica Tom. **XX** (1959) 5, 657.

[8] *Glezenko T.A.*: Primenenie electromagnitnîh poroşcovîh muft dlia ceastovo reversa ispolnitelinovo mehanizma. Electricestvo **78** (1958) 4, 38.

[9] *Kopai—Gora P. N.*: O necotorîh svoistvah poroşcovîh muft. Automatica şi Telemecanica **19** (1958) 4, 366.

[10] *Pompel W.*: Studiul cuplelor electromagnetice cu pulbere. Maschinenbautechnik **4** (1955) 7, 361—378 **4** (1955) 7, 361 şi Maschinenbautechnik **3** (1954) 8, 397.

[11] *Rodgers R.C.*: Factori ce determină alegerea cuplelor magnetice cu alunecare pentru acţionări electrice. Machine Desin **7** (1955) 27 175—185 sau Maşinostroenie **35** (1956) 5, 61.

[12] *Glazenko T. A.*: Perehodnie proţesî v electroprivode aborudovanom electromagnitnoi muftoi s feromagnitnîm zapolnitelem. Electricestvo **74** (1954) 12, 23.

[13] *Peluhin G.M.*: Haracteristichi i rascet electromagnitnîh muft s ferromagnitnîm napolnitelem. Electricestvo **85** (1955) 3.

[14] *Fridlerder G.M.*: Perehodnie proţesî v magnitnoi ţepi electromagnitnîh muft. Avtomatica i telemehanica **XX** (1959) 1.

[15] *Zusman V.G., Tatur O.N.*: Electromagnitnîe mufti i ih primenenie v maşinostroenie. Electricestvo **75** (1955) 3.

[16] *Agheikin S.I.* ş.a.: Rucovodstvo po proectirovaniu elementov i sistem automatiki p. 89, Oboronghiz, Moskva 1959.

[17] *Ivanov E.A.*: Mufti privodov. Maşghiz, 1959, Moskva.

Intrat în redacţie la 14 iunie 1960.

Ing. **N. Sprînceană**

Documentare

621.313 *Maşini electrice*

CZ 621.313.322—82+621.314.21—71

Probleme de răcire [După Cl. Rossier: Bull. ASE **51** (1960) 6, 246—249, 9 fig.]

Se prezintă diferitele sisteme de răcire folosite la maşinile mari electrice şi transformatoare, indicîndu-se situaţia în care trebuie folosită o anumită răcire.

Astfel, pentru răcirea maşinilor de puteri mai mici ca 1 000 kVA se foloseşte răcirea în aer liber, aerul necesar fiind luat chiar din sala de maşini. Pentru unităţile mai puternice 20—30 MVA, se trece la sistemul cu răcire în circuit închis, aerul de răcire, totdeauna acelaşi, trecînd printr-un refrigerent hidraulic. Această soluţie cere circuit de apă rece în cantitate şi calitate satisfăcătoare; sînt prezentate schemele de răcire a cîtorva maşini utilizate în marile centrale.

La transformatoare, comparînd preţul diverselor sisteme de răcire, autorul constată că pînă la puteri de ordinul 6 MVA, răcirea naturală este cea mai economică. În cazul în care ventilaţia celulelor, unde sînt montate transformatoarele este dificilă, se recurge la răcirea cu apă, în special la transformatoarele de la cuptoare la care locul rezervat pentru instalaţiile electrice este foarte redus şi la centralele subterane. Pentru transformatoare mari (30—50 MVA) se utilizează ventilaţia cu aer, iar pentru cele de ordinul 100 MVA, sistemul „aerotermelor". Se constată că radiatoarele grupate în baterii separate, răcite prin ventilatoare speciale, funcţionează în bune condiţii, gabaritul şi preţul sînt scăzute; această soluţie cere însă o funcţionare permanentă a pompelor şi ventilatoarelor.

Fl. T.

CZ 621.313

Motoare Servalco cu bobinaje imprimate. [După P. Dejussien Pontearral: Electronique Industrielle, **30** (1960) 3—7, 11 fig., 1 tab.]

Constructiv noul tip de motor cu circuit rotoric imprimat diferă esenţial de motoarele clasice. Acest tip de motor a rezultat ca o necesitate în domeniul reglajului automat cu servomotoare.

La început se explică principiul de funcţionare a roţii lui Barlow pe baza comportării unui conductor într-un cîmp magnetic, principiu pe care se bazează şi funcţionarea motorului cu bobinaj imprimat.

Indusul (rotorul) în formă de disc plat nu este din material magnetic ci dintr-un metal cu o greutate specifică mică sau din material plastic pe care se imprimă bobinajul.

Discul se roteşte în jurul unei axe perpendiculare pe planul său, în centru. Întrefierul este repartizat după suprafaţa plană a discului, liniile cîmpului magnetic fiind perpendiculare pe planul discului.

Inductorul (statorul) este format din magneţi Ticonal. Inducţia în întrefier este de ordinul a 4 000 Gs.

Cele două circuite — a inductorului şi a indusului — sînt examinate pe larg, atît pentru motoarele de curent continuu cît şi pentru cele de curent alternativ.

Alimentarea servomotoarelor de c.c. se face, de regulă, prin intermediul tranzistoarelor.

În continuare se dau caracteristicile electrice şi mecanice a două tipuri constructive, scoţîndu-se în evidenţă avantajele acestor servomotoare, cum ar fi:

— lipsa reacţiei indusului, în mod practic;

— condiţii optime de răcire care permit densităţi de curent de 45 A/mm² la funcţionarea de lungă durată fără a se depăşi o supratemperatură de 60° (la pornire suportă densităţi de curent de ordinul a 100 A/mm²);

— comutaţie bună, periile călcînd direct pe conductoare;

— cuplul liniar, datorită lipsei reacţiei indusului;

— inerţie mică, rotorul fiind disc;

— utilizarea discurilor de aluminiu pur pentru realizarea unei amortizări şi totodată a limitării turaţiei la o valoare dată pentru un cuplu dat;

— alimentarea cu o tensiune joasă şi curent mare reclamă surse de impedanţă internă mică şi o constantă de timp foarte mică.

În încheiere sînt date familiile de curbe:

— turaţie-tensiune pentru diferite cupluri;

— cuplu-tensiune pentru diferite turaţii;

— turaţie-cuplu pentru diferite tensiuni,

precum şi curbele de încălzire şi randamentele celor două tipuri de servomotoare.

B. N.

CZ 621.313.048.82:621.315.616.97

Studiul deformaţiei izolaţiei compoundate a miezului bobinajului statorului. [După M. F. Judov: Vestn. Elekroprom. **31** (1960) 2, 23—26, 7 fig. 2 ref. bibl.]

Deformaţiile bobinajelor sînt cauzate de curenţii şi momentele electromagnetice care apar în procesele tranzitorii ale maşinilor electrice. Pentru măsurarea acestor deformaţii se folosesc tensometre spiralate care se montează la suprafaţa izolaţiei bobinajelor.

Studiul se referă la repartizarea deformaţiilor în secţiunea transversală a bobinajelor. La creşterea temperaturii izolaţiei miezului de la 20 la 50°C, deformaţiile de la suprafaţa izolaţiei sînt mai mari decît cele din interiorul izolaţiei şi de la suprafaţa cuprului.

La temperaturi mai mari de 50°C, deformaţiile de la suprafaţa izolaţiei şi din cîteva puncte din interiorul izolaţiei se micşorează, din care cauză — în majoritatea cazurilor — deformaţiile de la suprafaţa izolaţiei sînt de 1,5 ori mai mici decît cele din interiorul ei.

A. B.

621.314 *Transformatoare. Redresoare*

CZ 621.314.2.001.4

Măsurarea factorului de pierderi tg δ la încercarea transformatoarelor. [După Wilfling W., Bach W.: Elektrie **14** (1960) 5, 157—160, 11 fig., 3 ref.]

Măsurarea tg δ constituie un control al uscării transformatorului şi o anticipare a comportării lui la încercarea înfăşurării permiţînd descoperirea eventualelor avarii. După o expunere a teoriei măsurării factorului de pierderi se prezintă dispozitivele de măsură: puntea Schering, punţile noi pentru tg δ cu reglaj automat al capacităţii şi cu instrumente înregistratoare. Pentru ca tg δ să nu fie măsurat cu erori, trebuie ca pe conductele de înaltă tensiune din interiorul punţii să nu apară descărcări de ionizare, iar capacităţile paralele ale conductelor de înaltă tensiune să rămînă foarte mici. Începutul pragului de ionizare nu poate fi precizat, căci diferiţii dielectrici se ionizează diferit. Pragul de ionizare se găseşte principial mai sus de tensiunea de ionizare. Dacă există impurităţi în izolaţie, tg δ creşte cu tensiunea şi pierderile cresc mai repede decît cu pătratul tensiunii. Pentru aprecierea izolaţiei izolatoarelor de trecere şi transformatoarelor trebuie deci neapărat măsurat tg δ în funcţie de tensiune. La un transformator obişnuit, cu două înfăşurări se măsoară: 1) înfăşurare faţă de înfăşurare şi fier (cuvă, miez); 2) între înfăşurări, cuva şi miezul fiind legate la pămînt; 3) între înfăşurare şi fier, înfăşurarea nemăsurată fiind legată la pămînt. Măsurarea tg δ în funcţie de tensiune: 1) pregăteşte transformatorul pentru încercare, căci tensiunea aplicată un timp produce disocierea electrolitică a impurităţilor; 2) măsurarea tg $\delta = f(t)$ permite o apreciere preliminară asupra stării izolaţiei transformatorului. Întrucît curba tg $\delta = f(t)$ descreşte foarte mult în primele minute, se recomandă să se măsoare tg $\delta = f(t)$ înainte de tg $\delta = f(U)$ şi de preferinţă cu o instalaţie înregistratoare. Determinările au fost făcute pe transformatoare cu izolaţie de hîrtie moale. În încheiere se citează rezultatele unor măsurători care confirmă cele expuse.

A. S.

621.315.5 *Conductoare*

CZ 621.315.53:621.357.6

Arămirea şi argintarea barelor din aluminiu. [După O.N. Ivancenko, A. A. Kurilova şi G. D. Kolomiicenko: Vestn. Elektroprom. **31** (1960) 3, 46—47, 2 fig.]

În cursul înlocuirii pe scară largă a cuprului cu aluminiul în industria electrotehnică, pentru evitarea formării stratului de oxid de aluminiu — mai ales în punctele de contact — se folosesc două metode: arămirea şi argintarea. Arămirea este precedată de nichelare, care se efectuează sub o densitate de curent de 1,5 A/dm², timp de 25 — 30 min, rezultînd un strat de nichel de 7—10 microni. Arămirea propriuzisă se face sub o densitate mai ridicată (2 — 5 A/dm²) şi rezultă un strat suplimentar de 10 microni. Pentru studiu se folosesc epruvete din aluminiu neacoperit, nichelat şi arămit supuse încercărilor la coroziune. După aceste încercări se măsoară rezistenţa electrică a straturilor de oxid de nichel şi de oxid de cupru în funcţie de tensiune. Întrucît temperaturile maxime — de scurtă durată — din exploatare, pot atinge valori pînă la 200°C, se fac încercări asupra rezistenţei mecanice a stratului de acoperire, după îndoiri, într-o plajă de temperaturi între 150—300°C. După astfel de încercări nu se observă defolierea straturilor de acoperire cu grosimi pînă la 20 microni.

Argintarea aluminiului se face în mod direct, neinterpunîndu-se vreun alt strat acoperitor. Timpul de depunere este de 21 min, la o densitate de curent de 0,8 A/dm² şi se obţine un strat cu o grosime de 20 microni.

A.B.

CZ 621.315.553:621.78

Instalaţii pentru oxidarea conductoarelor din crom-nichel şi constantan. [După I. I. Radionov: Vestn. Elektroprom. **31** (1960) 4, 74—75, 1 fig., 1 tab.]

Instalaţia se compune din două părţi principale: electrică şi mecanică. Cea electrică are în structura ei transformatorul, al cărei bobinaj secundar este format dintr-o spiră scurtcircuitată. Bobinajul primar se realizează cu ramificaţii sau se conectează la reţea prin intermediul unui autotransformator reglabil. Tensiunea aplicată bobinajului primar este astfel aleasă, încît în spira scurtcircuitată a sîrmei oxidante să treacă curentul necesar oxidării.

Partea mecanică se compune din sistemul de antrenare a sîrmei, dispozitivul de scurtcircuitare şi baia de ulei cu spaţiile necesare pentru gheaţa solidă.

Tehnologia oxidării constă în scurtcircuitarea unei porţiuni a sîrmei (cu ajutorul dispozitivului de prindere la bobinajul secundar), permiţînd trecerea unui curent capabil de a încălzi sîrma respectivă pînă la temperatura de 850 —950°C. Sîrma oxidată se răceşte în baia de ulei şi apoi se înfăşoară pe tambur.

A.B.

621.315.6 *Materiale izolante*

CZ 621.315.616.96(4.7)

Calităţile maselor plastice fenolice presate de mareă: K—211—3, FCPM—15 T şi AG—4 S. [După E. I. Fridman, M. M. Beliaev şi A. V. Serciugova: Vestn. Elektroprom. **31** (1960) 2, 20—23, 9 fig., 2 tab., 4 ref. bibl.]

Prafurile presate K—211—3 se realizează pe bază de răşini anilino-fenolice-formaldehidice şi umpluturi minerale (mică şi cuarţ) şi se folosesc la executarea pieselor destinate a lucra în condiţii de umiditate ridicată. Prafurile presate FCPM-15T sînt un amestec de răşini fenolice-formaldehidice şi umplutură minerală, cu un adaos de fungicide, în scopul folosirii lor la aparatele electrice tropicalizate. Materialul presat AG—4S se compune dintr-un amestec de răşini rezolice, fire de sticlă şi adaosuri modificatoare. Se execută în două sorturi: *B* (volocnit) şi *S* (solomit).

Plajile de temperaturi de lucru pentru materialele de mai sus sînt: —60...+150°C pentru K—211—3 şi FCPM—15T; —60...+200°C pentru AG—4S.

Cele mai ridicate caracteristici dielectrice le are produsul K—211—3 şi anume: $E = 12$ kV/noni; tg $\delta = 0{,}01$ la 10^6 Hz; $\delta v \geqslant 10^{14}$ Ω cm; $\rho s \geqslant 10^{14}$; $\varepsilon = 7$ la 10 Hz. În schimb, produsul AG-4S are cea mai ridicată rigiditate mecanică din masele plastice studiate.

A.B.

CZ 621.315.614.6 + 621.315.615

Materiale izolante în tehnica tensiunilor înalte. [După K. Potthoff: Elektr. Z.-B. **12** (1960) 7, 158 — 161.]

Condiţiile impuse materialelor izolante sînt în funcţie de utilizarea acestora în înaltă frecvenţă, în termoelectricitate

în tehnica tensiunilor înalte etc. La tensiunile înalte problema se complică prin faptul că materialele izolante trebuie să îndeplinească şi alte funcţiuni : uleiul din transformatoare serveşte şi la răcire, răşinile rezistă la solicitări mecanice ş.a.m.d. Urmează consideraţii privind condiţiile cerute unui sistem cu două, respectiv, cu trei materiale izolante cu scopul obţinerii unei repartizări cît mai uniforme a cîmpului electric. Astfel, sînt descrise unele condiţii de natură tehnologică impuse izolanţilor din cabluri (hîrtie plus ulei), din izolatoarele de trecere (hîrtie, răşină şi aer) şi din barele generatoarelor.

În privinţa uleiului de transformatoare, care actualmente este de calităţi diferite, se tinde către o standardizare şi un control prin analiza spectrală infraroşie şi prin alte analize moderne. Urmează consideraţii privind îmbătrînirea uleiului şi tensiunea de străpungere.

Izolatoarele solide (hîrtie, preşpan etc.) sînt tratate din punct de vedere al compoziţiei, al fabricaţiei şi al comportării lor în ulei. Astfel, cartonul dur de izolaţie se execută din straturi de răşină fenolică şi hîrtie presate cu 5 000 t. Preşpanul se presează dintr-un material de un anumit grad de măcinare şi se caracterizează prin faptul că prin pătrunderea uleiului în porii săi, el nu-şi măreşte volumul faţă de starea uscată.

Articolul încheie cu cîteva observaţii privind noile materiale izolante lichide numite „ascarele" (clofen, piranol etc.), care tind să înlocuiască uleiul de transformatoare, cum şi răşinile solide, care cîştigă teren de utilizare.

G. C.

CZ 621.315.618.1 ; 537.521.4

Despre măsurarea tangentei unghiului de pierderi şi a permitivităţii. [După B. N. Tardov: Vestn. Elektroprom. **31** (1960) 4, 42—44, 3 ref. bibl.]

Din exprimentări asupra unei largi categorii de dielectrici, rezultă că la temperatura de 20°C, raportul dintre coeficientul de variaţie termică a constantei dielectrice (α_ε) şi tangenta unghiului de pierderi (tgδ), la majoritatea dielectricilor tehnici are o valoare constantă, şi anume :

$$\frac{\alpha_\varepsilon}{\text{tg}\delta} = 0{,}06 \quad (°C^{-1}) \qquad (1)$$

Plecînd de la acest element se studiază variaţia valorilor : ε şi tg δ a micei industriale în funcţie de grosime. Prelucrarea statistică a circa 160 de măsurători arată că tg δ scade cu creşterea grosimii micei : la frecvenţe de 50 Hz în 70% din cazuri, iar la frecvenţe de 1 000 Hz în 85% din cazuri. În schimb, ε creşte cu mărirea grosimii aceluiaşi material în 96% din cazuri la frecvenţe de 50 Hz şi 98—100% din cazuri la frecvenţe de 1 000 Hz.

Pentru frecvenţele radio şi în gama de grosimi de la 25 la 60 microni se deduc următoarele formule :

$$\text{tg}\,\delta_{st} = 0{,}34 . \text{tg}\,\delta_m . d^{0{,}33} \qquad (2)$$

$$\varepsilon_{st} = 2{,}25 . \varepsilon_m . d^{-0{,}15} \qquad (3)$$

unde : tg δ_{st} şi ε_{st} — valorile corespunzătoare grosimii de 25 microni, aleasă standardizată ; iar tg δ_m şi ε_m — valorile măsurate.

A. B.

CZ 621.316.923.1.027.5.6

Siguranţe fuzibile moderne pentru puteri mari şi tensiuni înalte. [După H. Feindt: Elektr. Z.—B. **12** (1960) 2, 29—33.]

Este descris în primul rînd actualul model de siguranţă (utilizat de peste 20 de ani), la care — pentru a se asigura ruperea arcului şi deci o lungime suficientă a firului fuzibil, fără a se alungi peste măsură tubul izolant — s-a împărţit tubul izolant în camere din azbest şi steatită. Odată cu creşterea puterilor şi ale curenţilor de scurtcircuit în reţele s-a trecut la siguranţe, ale căror miez izolant are o secţiune transversală în formă de stea, pe care se înfăşoară firul fuzibil de argint. Se dau amănunte constructive ale acestor siguranţe, precum şi oscilograme ale momentelor de întrerupere, din care reiese efectul de limitare atît a curenţilor de scurtcircuit cît şi a tensiunilor în timpul anclanşării.

O diagramă a variaţiei tensiunii şi a curentului în timpul întreruperii unui scurtcircuit în apropierea trecerii tensiunii prin valoarea zero arată limitarea curentului prin topirea firului fuzibil. Dintr-o altă diagramă se deduc pentru diferite mărimi de siguranţe curenţii de topire a fuzibilului în funcţie de curenţii efectivi de scurtcircuit, care s-ar produce fără aceste siguranţe. Pentru protecţia selectivă a transformatoarelor de 500 kVA şi 30 kV se indică valoarea siguranţelor de înaltă tensiune pentru anumite valori nominale ale siguranţelor pe partea de joasă tensiune. Articolul tratează apoi semnalizarea topirii siguranţelor, cazul topirii uneia sau a două din cele trei siguranţe dintr-un sistem trifazat precum şi descrierea sumară a unor astfel de siguranţe pentru montajul în aer liber.

G.C.

CZ 621.316.5.066.6 :660.22

Calităţile şi domeniile de folosire a contactelor metaloceramice din argint-nichel. [După A. B. Altman: Vestn. Elektroprom. **31** (1960) 2, 37—39, 2 fig., 9 ref. bibl.]

Contactele de mai sus se folosesc în releele de curent continuu şi alternativ pentru curenţi pînă la 4 A, tensiuni între 2—100 V, frecvenţe de declanşare 75—100 pe minut şi cu număr total de (10—17) 10^6 anclanşări.

Aceste contacte se obţin prin tehnologii specifice metalurgiei pulberilor. Dimensiunile particulelor acestor pulberi nu depăşesc 60 microni. Se prezintă două tehnologii de preparare : 1) amestecarea pulberilor de argint şi nichel şi presarea contactelor obţinute din acest amestec cu imediata aglutinare în atmosferă închisă ; 2) presarea din amestecul de pulberi de nichel şi argint a pieselor pentru forjare, laminare cu imediată aglutinare, prelucrare sub presiune şi executare a contactelor din fişii sau sîrme stanţate. Cea de-a doua metodă de preparare este indicată pentru contactele mici, a căror presare în formă finală este dificilă.

Determinarea rezistenţei la uzură a contactelor se efectuează asupra a trei tipuri de contactoare magnetice : MPK-1, P—222 M şi PM 111. Încercările au un caracter relativ. Toate contactele încercate au suportat nu mai puţin de 100 000 anclanşări. În concluzie se arată rezistenţa ridicată la uzură a acestor contacte.

A. B.

621.317 *Măsuri electrice*

CZ 621.317.384 : 621.319.4

Despre o metodă de măsură a unghiului de pierderi la condensatoare. [După M. S. Michitinschi: Izmeritelnaia tehnica (1960) 3, 22—24, 2 ref. bibl. 17 ec.]

După ce se indică dezavantajele pe care le prezintă măsura unghiului de pierderi prin metode de punte, este reprezentată o nouă metodă care permite o măsură rapidă a tg δ. Tensiunea V_y de la bornele unui condensator etalon variabil C_0 şi a unei rezistenţe R_0 realizată dintr-o cutie cu rezistenţe, este aplicată la plăcile verticale ale unui osciloscop, la celelalte două plăci conectîndu-se o bornă de la C_1 şi pămîntul. (C_1 şi R_1 reprezintă capacitatea şi pierderile condensatorului de măsurat). Tangenta se determină după abaterile ΔR şi ΔC de la anumite valori ale lui R_0 şi C_0.

Se explică metodica de experimentare, sursele de erori şi interpretarea rezultatelor obţinute. Cercetările experimentale au arătat că sensibilitatea schemei pînă la frecvenţe de 20 kHz depinde de raportul elementelor ei. La creşterea frecvenţei de lucru trebuie să se considere în calcul inductanţa rezistenţei R_0 şi inductivitatea condensatorului C_0.

Fl. T.

CZ 621.317.32 ; 621.314.64

Surse de stabilizare de tensiune continue pentru schemele de măsură. [După R. F. Kozlov: Izmeritelnaia tehnica (1960) 3, 18—19, 2 fig.]

Se prezintă două scheme de stabilizator, care pot înlocui cu succes acumulatoarele : prima, cu o tensiune de ieşire de 2,5 V

şi curent de sarcină maxim de 0,6 A, cealaltă, cu tensiune de ieşire 24 V şi curent de sarcină maxim de 300 mA. Pentru fiecare schemă se prezintă elementele componente indicîndu-se şi valori numerice ce au rezultat din calcul, aşa că realizarea schemelor nu prezintă dificultăţi.

Prima schemă are următoarele caracteristici: coeficient de stabilizare 4 000, rezistenţă internă 0,1 Ω, alunecarea tensiunii în timpul primelor minute după închidere — 0,4 %, apoi nu mai mare de 0,01 % pe oră.

Cea de a doua schemă are un coeficient de stabilizare 40 000, o rezistenţă internă de 0,05 Ω, o alunecare a tensiunii de ieşire de 0,4 %.

Schemele funcţionează în mod sigur iar tensiunea alternativă la ieşire este mai mică de 1 mV.

Fl. T.

621.355 *Acumulatoare*

CZ 621.355.8

Acumulatoare etanşe din nichel-cadmiu. [După K. Dehmelt: Elektr. Z.—B., **12** (1960) 1, 7—9.]

Autorul descrie la început componenţa celor doi electrozi, atît în stare descărcată, cît şi după încărcare. După tratarea fenomenelor chimice, care au loc în timpul încărcării şi descărcării şi care au ca bază formula de transformare:

$$2\,Ni(OH)_2 + Cd(OH)_2 \underset{\text{descărcare}}{\overset{\text{încărcare}}{\rightleftharpoons}} 2\,NiO(OH) + Cd + 2\,H_2O,$$

sînt discutate supraîncărcările celor doi electrozi şi pericolul de explozie, cum şi evitarea acestui pericol prin împiedicarea formării de hidrogen cu ajutorul aşa-zisei „rezerve de încărcare" a electrodului negativ, cum şi prin fixarea electrolitului (KOH) în polii electrozilor şi în separatorul dintre ei. Dacă în locul unui element avem de-a face cu o baterie, intervine „masa antipolară" în locul „rezervei de încărcare" şi împiedică formarea de gaze.

Se insistă apoi asupra importanţei pe care o prezintă cantitatea de electrolit, a cărui concentraţie variază în limite foarte largi în timpul încărcării şi descărcării, influenţînd efectele necesare unei bune funcţionări. După unele observaţii privind evitarea deranjamentelor produse de curenţii de încărcare prea mari sau de încălzirea provenită din supraîncărcare, se încheie articolul cu indicarea modelelor de acumulatoare etanşe fabricate pînă în prezent şi utilizate în industria curenţilor slabi. Toate trei tipurile indicate sînt insensibile la supraîncărcare sau la subdescărcare.

G.C.

CZ 621.355.21.004.6

Căile posibile de mărire a duratei de lucru a acumulatoarelor cu plumb. [După I. I. Koval, V. I. Bailenko: Vestn. Elektroprom. **31** (1960) 2, 43—46, 5 fig.]

Se arată că prin introducerea unor dezoxidanţi în soluţiile electrolitice ale acumulatoarelor cu plumb se măreşte durata lor de viaţă. În acest sens se studiază influenţa tiosulfatului de sodiu şi a altor dezoxidanţi. Pentru experimentare se folosesc epruvete cu dimensiunile 98 × 64 × 1,8 mm.

Se constată că restabilirea structurii masei active cu ajutorul dezoxidanţilor are loc numai în acel caz cînd sînt activi la suprafaţă şi se adsorb la marginile cristalelor sulfatului de plumb.

În cazul folosirii dezoxidanţilor, durata de viaţă a masei active a plăcilor pozitive este limitată de durata de viaţă a grătarelor din plumb—antimoniu.

Pentru o largă întrebuinţare în exploatare se recomandă tiosulfatul de sodiu.

A.B.

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU, prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, prof. dr. ing. A. AVRAMESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R. (redactor responsabil), ing. V. BUNEA, laureat al Premiului de Stat, prof. dr. ing. V. CORLĂŢEANU, ing. ŞT. GROSU conf. ing. GH. HORTOPAN, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. G. LAZARIDE, prof. dr. ing. R. RĂDULET, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat.

Revista „ELECTROTEHNICA", organ al Asociaţiei Ştiinţifice a Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. şi al Ministerului Industriei Grele. Editor: Asociaţia Ştiinţifică a Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. Redacţia şi Casieria: Bucureşti, Str. Ion Ghica, nr. 3. Telefon 14.15.95 Administraţia: Bucureşti, Calea Victoriei, nr. 118. Telefon 14 06 24. Redacţia îşi rezervă toate drepturile privind lucrările precum şi materialul grafic-ilustrativ apărut în revistă, cît şi privitoare la traducerea în limbi străine. Se admit extrase, referate sau comentarii numai cu indicarea completă a sursei. Revista apare lunar. Abonamentul anual: pentru întreprinderi lei 100, individuale lei 30. Preţul unui exemplar: lei 5. Abonamentele se primesc la administraţia revistei, la sediile filialelor ASIT, precum şi la responsabilii cu presa din cercurile ASIT. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinetele tehnice în contul nostru de virament: Publicaţiile Tehnice ASIT-070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin Bucureşti. Tiparul: Întreprinderea Poligrafică Nr. 2. — c. 3447.

INHALT

DK 621.313 :621.333.6.024

Apetrei C. : **Die Isolationsprüfung der elektrischen Maschinen mit gleichgerichteter Spannung**

Electrotehnica *8* (1960) 10, 341—349

Der Aufsatz zeigt die gegenwärtige Entwicklungslage sowie die Forschungsergebnisse betreffend die Isolationsprüfung elektrischer Maschinen mit gleichgerichteter Spannung, wobei Angaben über die ersten in der R.V.R. ausgeführten Isolationsprüfungen mit Gleichspannung gemacht werden. Behandelt werden Isolationsprüfungen von neuen oder im Betrieb befindlichen Maschinen mit Hochspannung in der Ordnung von einigen tausend Volt.

DK 621.313.322—81 :621.3.081.46

Bălă C. : **Der asynchrone Betrieb von Turbogeneratoren**

Electrotehnica *8* (1960) 10, 349—355

Man prüft die Faktoren, welche die Höchstleistung des Turbogenerators im Asynchronbetrieb bestimmen, sowie die Erscheinungen, welche beim Uebergang eines Turbogenerators vom synchronen in den asynchronen Betrieb auftreten. Abschliessend werden Schlussfolgerungen bzgl. des Entwurfs von Turbogeneratoren und deren Parameter mit Rücksicht darauf, dass auch beim Ausfallen der Erregung ein asynchroner Betrieb gewährleistet wird, gezogen.

DK 621.34 :622.323

Fransua Al. : **Entwicklungsmöglichkeiten des elektrischen Antriebs beim Bohren von Erdöl- und Naturgassonden**

Electrotehnica *8* (1960) 10, 356—361

Verfasser bringt eine kritische Darlegung folgender Verbesserungsmassnahmen beim elektrischen Bohrbetrieb von Sonden : Leistungssteigerung der Antriebsmotoren bei Winden und Pumpen, Änderung der Folge der Betriebspausen zwecks Verbesserung des Leistungsfaktors der Gesamtanlage, Verwendung neuer Bremsverfahren (elektrische Bremsen), Verbesserung der Anlass- und Regeleinrichtung.

FÜR DEN JUNGINGENIEUR

DK 621.315.5.052.32

Adămuț I. : **Beiträge zur Bemessung des Nulleiters bei Freileitungen**

Electrotehnica *8* (1960) 10, 361—367

Man betrachtet gewisse theoretische Gesichtspunkte bzgl. des Stromes im Nulleiter. Demzufolge könnte der jetzige Brauch beim Entwurf und Betrieb von Freileitungen für Niederspannung revidiert werden.

KURZBERICHTE

DK 621.839.8 :621.318.22

Sprinceană N. : **Elektromagnetische Staubkupplungen**

Electrotehnica *8* (1960) 10, 367—369

Nach einigen Betrachtungen bzgl. Anwendung von elektromagnetischen Staubkupplungen, wird die Arbeitsweise dieser Kupplungen beschrieben, worauf die Eigenschaften der hierfür verwendeten Stoffe besprochen werden.

RUNDSCHAU, 369—372

CZ 621.3. ELECTROTEHNICĂ GENERALĂ

CZ 621.3.066.6

Netusil, J. :

Cîteva constatări noi asupra contactelor din diferite materiale.
Elektrotechnik (C.S.R.) **15** (1960) 5, 147—149, 2 tab., 8 ref.

CZ 621.313 MAŞINI ELECTRICE

CZ 621.313.1.017.71

Stumpp. E. :

Despre o nouă metodă pentru ridicarea şi utilizarea curbelor de încălzire.
Elektrie **14** (1960) 7, 237—238, 2 diagr., 1 tab., 4 ref.

CZ 621.313.12 ;537.315.8

Vajda, G. :

Efectul supratensiunilor atmosferice asupra generatoarelor funcţionînd bloc cu transformatorul.
Elektrotechnika **53** (1960) 2—3, 81—89.

CZ 621.313.126 ;621.314.52 ;621.313.322.013.8

Schydlo, K. :

Excitarea generatoarelor sincrone cu convertizoare, cu baterii auxiliare sau cu redresoare uscate.
Elektrotechn. Z. ed. A **81** (1960) 11, 385—387, 4 fig.,5 ref.

CZ 621.313.14 : 612

Vaske, P. :

Motoare universale pentru aparate electrocasnice.
Feinwerktechn. **64** (1960) 5, 166—172, 16 fig.

CZ 621.313.332.018.46 ;621.313.322—81

Csáki, F. :

Metodă practică pentru determinarea alunecării variabile a turbogeneratoarelor în funcţionare asincronă.
Elektrotechnika (R.P.U.) **53** (1960) 2—3, 62—68.

CZ 621.313.333.2.017.71

Siltner, H. :

Conversiunea termică şi dinamică a energiei în rotorul asincron.
Elektrie **14** (1960) 7, 239—245, 6 diagr., 4 ref.

CZ 621.313.332.001.24

Budişan, N.I. :

Contribuţii la calculul caracteristicilor generatorului asincron excitat de la surse conectate în paralel.
Stud. cerc. şt. tehn. Acad. R.P.R. Tmş. **7** (1960) 1 — 2, 83—93, 5 fig., 6 ref.

CZ 621.3.3.226

Henry-Baudot, J. :

Maşinile electrice cu bobinaje imprimate.
Bull. sci. Assoc. Ing. Electriciens snrtis Inst. Electrotechn. Montefiore **73** (1960) 2/3, 119—139, 20 fig.

C.Z. 621.314 TRANSFORMAREA ENERGIEI ELECTRICE

CZ 621.314.22.08

Walther, K., Wassermann, K., Bader, H., Christ, J. :

Evoluţia reductoarelor de măsură pentru tensiune foarte înaltă cu rezistenţă dinamică mărită.
Elektrie **14** (1960) 7, 262—265, 6 fig., 6 ref.

CZ 621.314.222.8.011.4.004.14

Zahorka, R. :

Comportarea în serviciu a divizoarelor capacitive de tensiune.
Elektrotechn. Z. ed. A. **81** (1960) 11, 381—385, 9 fig.

CZ 6.1,314.212.011.3 : 538.22

Kulic, J., Adam, J. :

Cercetarea experimentală a forţelor de scurteircuit şi cîmpurilor magnetice ale unui transformator trifazat.
Acta Technica (C.S.R.) **5** (1960) 3, 277—298, 17 fig., 8 tab. 11 ref.

CZ 621.314.652.2

Glinternick, S.R. :

Diagrama pentru determinarea unghiului de aprindere al unui redresor trifazat în punte.
Elektricestvo **81** (1960) 7, 82—84, 2 diagr.

CZ 621.315 TRANSMISIA ENERGIEI ELECTRICE

CZ 621.315.1 ;621.316.9

Besze, J. :

Puncte de vedere asupra folosirii descărcătoarelor tubulare pentru protecţia liniilor şi instalaţiilor exterioare.
Elektrotechnika (R.P.U.) **53** (1960) 2—3, 95—98.

CZ 621.315.2/.3 : 620.193.86 : 599.32

Becker, K. :

Despre avariile produse de rozătoare asupra conductelor izolate cu mase plastice.
Elektrotechn. Z. ed. B **12** (1960) 13, 311—314, 4 fig., 11 ref.

CZ 621.315.21 ;621.317.333

Schönberg, W., Schmidt, W. :

O nouă instalaţie transportabilă pentru încercarea preventivă a cablurilor de forţă cu tensiune continuă.
Elektrie **14** (1960) 7 supl. Elektrofertigung, 51—55, 7 fig. 9 ref.

CZ 621.315.624.5.011

Tihodeev, N.N., Tuşnov, A.N. :

Caracteristicile electrice ale lanţurilor de izolatoare lungi pentru 500 kV şi mai mult.
Elektricestvo **81** (1960) 7, 56—61, 9 fig., 2 tab., 11 ref.

CZ 621.315.623.4

Paulusz, M. :

Noi izolatoare suport pentru interior.
Elektrotechnika (R.P.U.) **53** (1960) 2—3, 114—119.

CZ 621 315 611.63 : 621.319.42

Renné, V.T., Morozova, M.N., Karpova, K.I. :

Hîrtie de condensatoare cu unghi mic de pierderi dielectrice.
Elektricestvo **81** (1960) 7, 72—77, 7 diagr., 2 tab., 9 fig.

CZ 621.315.614.62.015.52

Greysuch, M.A. :

Caracteristicile conturnării de-a lungul straturilor de izolaţie hîrtie-ulei în aparatajul de curent continuu.
Elektricestvo **81** (1960) 7, 77—82, 9 fig., 1 tab., 3 ref.

CZ 621.316 DISTRIBUŢIA ŞI REGLAJUL ENERGIEI ELECTRICE

CZ 621.316.542.9

Prchal, J. :

Microîntreruptoare.
Automatizace **3** (1960) 6, 177—179, 6 fig.

CZ 621.316.57.015.54

Cernişev, N.M., Abramova, Z.A. :

O schemă sintetică pentru încercarea întreruptoarelor cu arcuri cu ardere lungă.
Electricestvo **81** (1960) 7, 41—46, 9 fig., 6 ref.

CZ 621.316.57 : 621.316.13

Pelenc, Y. :

Comportarea disjunctoarelor cu aer în reţelele cu neutrul legat la pămînt printr-o reactanţă.
Bull. Soc. Franç. Electr. **8** (1960) 4, 219—226, 7 fig.

CZ 621.316.93.027.8

Beliakov, N.N., Serenţio, A.N. :

Protecţia modernă a aparatajului de 35—500 kV împotriva descărcărilor atmosferice.
Elektricestvo **81** (1960) 7, 51—56, 2 fig., 2 tab., 10 ref.

CZ 621.317 TEHNICA MASURILOR ELECTRICE

CZ 621.317 : .621.315.615.2

Beyer, M. :

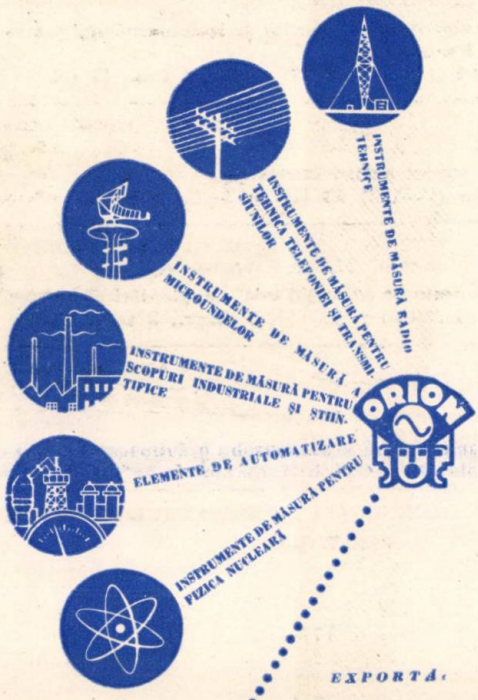
Măsurători la încercarea uleiurilor izolante.
Arch. techn. Messen (1960) 292, 293, 125 — 128, 8 fig., 16 ref.

CZ 621.317.2 ;621.317.333

Vogt, W. :

Aparat automat pentru încercarea bobinelor.
Feinwerktechn. **64** (1960) 5, 184—187, 8 fig., 4 ref.

INSTRUMENTE DE MĂSURĂ ELECTRONICE
pentru toate ramurile științei și industriei

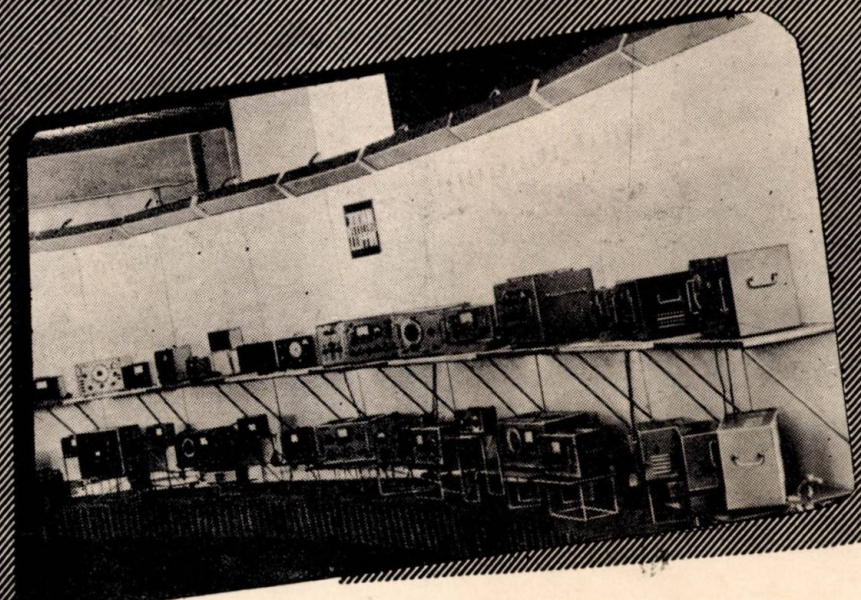


EXPORTĂ:

METRIMPEX

INTREPRINDERE UNGARĂ DE COMERȚ EXTERIOR PENTRU PRODUSELE INDUSTRIEI DE INSTRUMENTE

Adresa pentru scrisori: BUDAPESTA, CĂSUȚA POȘTALĂ 202 UNGARIA
Adresa telegrafică: INSTRUMENT BUDAPEST



EFECTUAȚI MASURĂRI PRECISE UTILIZÎND:

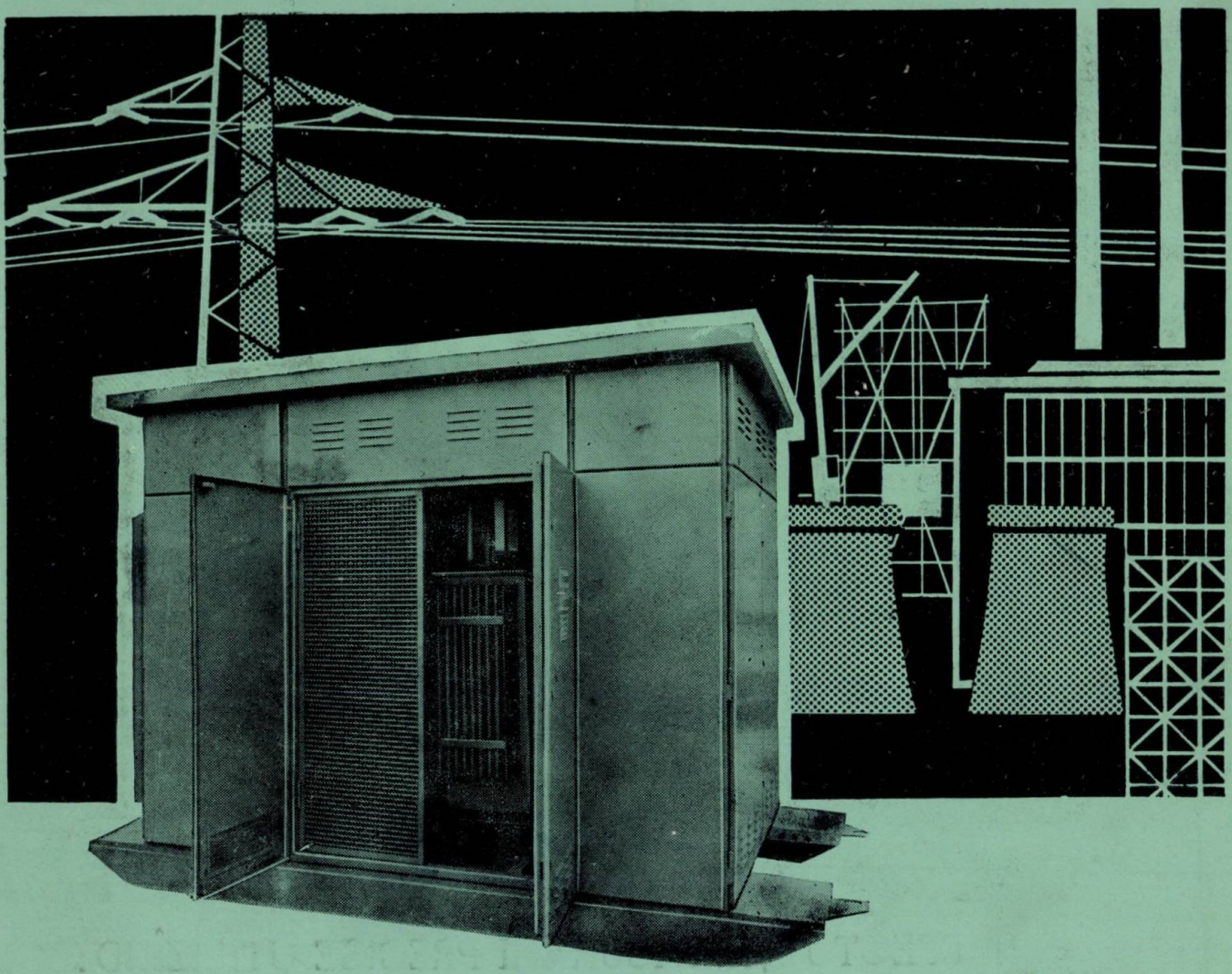
- **Aparate de măsură cu ac indicator cu cadru mobil şi electromagnetice**
- **Contoare de energie electrică**
- **Aparate electronice de măsură pentru laboratoare şi staţii, pentru necesităţile radiotehnicii, televiziunii, telefoniei, teletransmisiunilor şi a tehnicii undelor ultrascurte de producţie poloneză**

Exportator exclusiv:

SOCIETATEA POLONEZĂ CU RESPONSABILITATE LIMITATĂ
PENTRU COMERŢUL EXTERIOR DE ECHIPAMENT ELECTROTEHNIC

„Elektrim"

WARSZAVA, 2 CZACKIEGO 15/17/POLONIA, B. P. 254
TELEFON: 6.62.71 TELEX.: 10 415
ADRESA TELEGRAFICĂ ***Elektrim — Warszawa***



STAȚII DE TRANSFORMARE DE EXTERIOR TRANSPORTABILE, CAPSULATE IN TABLĂ DE OȚEL, PENTRU TENSIUNI DE SERVICIU PINĂ LA 20 kV, TIP TS

Ritmul accelerat al dezvoltării construcțiilor de mari instalații energetice necesare extragerii și înobilării lignitului, pentru chimie și metalurgie, precum și pentru toate celelalte ramuri ale industriei condiționează soluții noi în construcția stațiilor de înaltă tensiune.

In acest scop noi am dezvoltat stațiile TS

TS

Stațiile TS

se disting printr-o greutate redusă, o stabilitate satisfăcătoare și o mare siguranță în exploatare cu mijloace reduse

Stațiile TS

pot fi amplasate repede și fără multe lucrări pregătitoare de montaj în centrele de greutate energetice

Stațiile TS

posedă tălpi de sanie și nu necesită deci fundații speciale

VEM

VEB STARKSTROM — ANLAGENBAU COTTBUS

Cottbus, Briesmannstr. 2. Telefon: 61 41 — Deutsche Demokratische Republik

Reprezentanța noastră:

Ambasada Republicii Democrate Germane în Republica Populară Romînă, Secția Comercială București, Calea Dorobanților, 14

I. P. 2, c. 3447

LEI 5

E 2040

REFERALVA

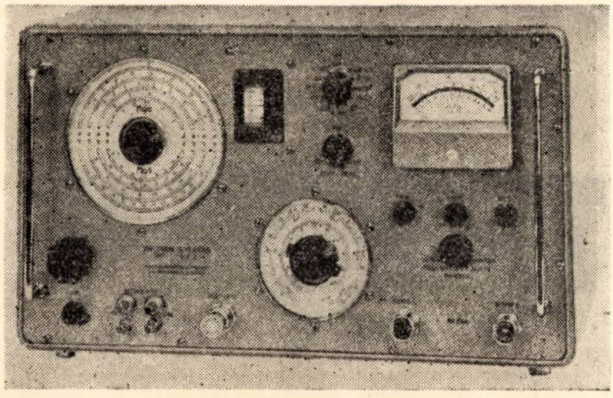
ELECTROTEHNICA

BJ

11

Electrotehnica — București ★ Anul 8 ★ nr. 11 ★ p. 373 — 404 ★ noiembrie 1960

Generator de semnale VHF Model 1173



Un aparat indispensabil pentru fabricarea, perfecționarea și exploatarea aparatelor de recepție din gama undelor ultrascurte. Aparatul lucrează în domeniul de frecvențe de la 4 la 250 MHz cu tensiune de înaltă frecvență reglabilă continuu, care are un nivel de ieșire de 0,4 V.

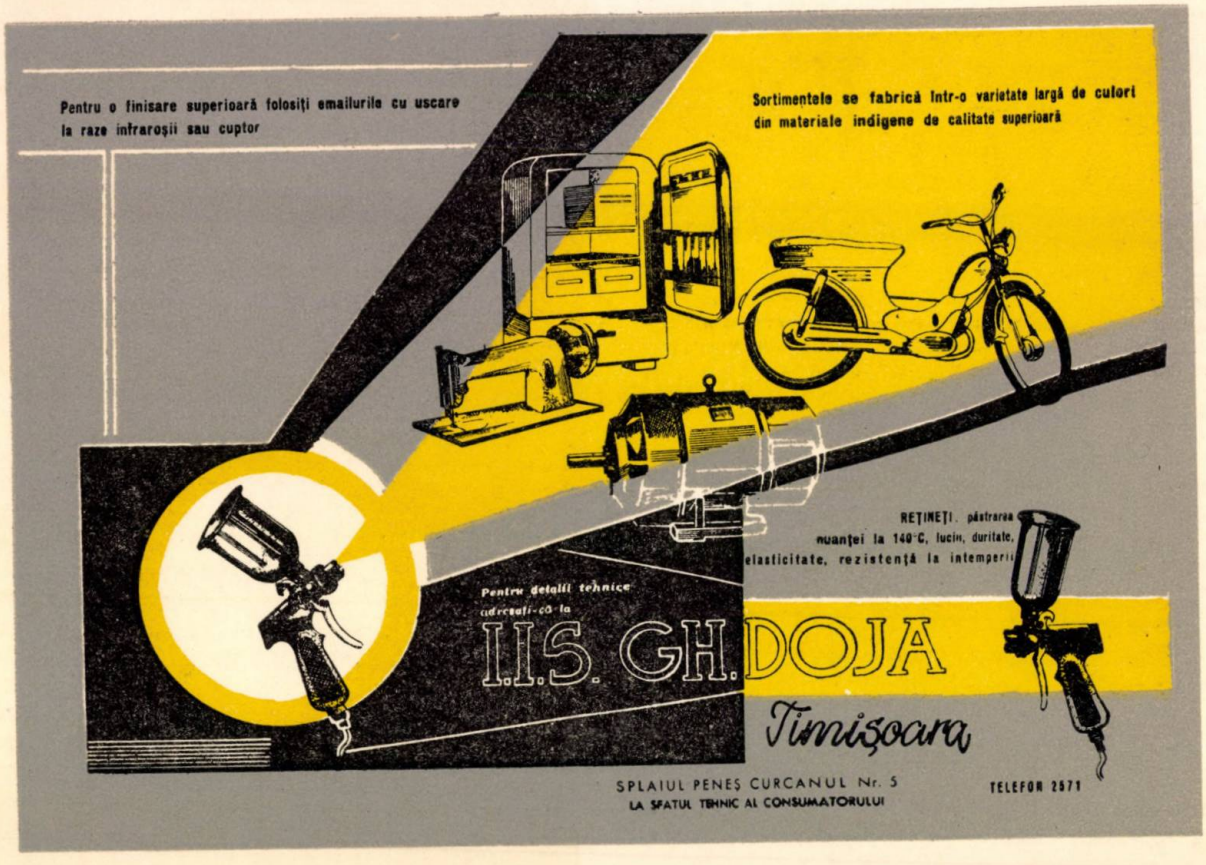
Exportă:

METRIMPEX

ÎNTREPRINDERE UNGARĂ DE COMERȚ EXTERIOR PENTRU PRODUSELE INDUSTRIEI DE INSTRUMENTE

Adresa: BUDAPEST 62, CĂSUȚA POȘTALĂ 202, UNGARIA

Adresa telegrafică: INSTRUMENT BUDAPEST



ELECTROTEHNICA

Anul 8 nr. 11 noiembrie 1960

CUPRINS

CZ 538 : 621.316.5.027.8 (47)

Hortopan Gh. : **Noi realizări ale ştiinţei şi tehnicii sovietice în domeniul aparatajului de înaltă tensiune**

Electrotehnica 8 (1960) 11, 373—377

CZ 621.312 :621.315.2 + 621.315.6 (498)

Pircioagă V. : **Realizări şi perspective de dezvoltare ale Fabricii de cabluri şi materiale electroizolante**

Electrotehnica 8 (1960) 11, 377—379

CZ 621.318.33.001.2

Cosmin Gh. : **Determinarea dimensiunilor optime ale electromagneţilor de curent alternativ monofazat**

Electrotehnica 8 (1960) 11, 379—385

Se stabileşte o formulă pentru preţul de cost al electromagneţilor monofazaţi de c.a. în funcţie de diferiţi parametri, determinîndu-se astfel valorile optime ale acestora. Se demonstrează că parametrul cel mai important este inducţia care nu trebuie să depăşească 1,3 T.

CZ 621.319.4.029.45 :621.365.5

Bercu A., Podani E. : **Condensatoare pentru instalaţii de tratamente termice la 8 000 Hz**

Electrotehnica 8 (1960) 11, 385—391

După ce se arată stadiul problemei în tehnica mondială, se prezintă calculul, construcţia şi încercările de exploatare a unui nou tip de condensator pentru instalaţii la tratamente termice la 8 000 Hz, care a fost realizat la Institutul de Cercetări Electrotehnice din Bucureşti.

Se arată că acest nou produs românesc prezintă indici tehnico-economici care-l situează la nivelul tehnicii mondiale.

PENTRU TÎNĂRUL INGINER

CZ 621.327.43 :628.972.3

Prisăcaru V. : **Determinarea puterii lămpilor în cazul panourilor de formă dreptunghiulară**

Electrotehnica 8 (1960) 11, 391—396

Se stabilesc o serie de relaţii care permit determinarea puterii lămpilor în cazul panourilor de formă dreptunghiulară, plecînd de la o anumită iluminare minimă impusă de norme într-un anumit punct de pe suprafaţa de lucru. În încheiere, un exemplu numeric arată modul de aplicare a formulelor stabilite.

NOTE

CZ 621.318.33.001.24

Barbu I.: **Dimensionarea optimă a bobinelor plate pentru producerea cîmpului magnetic**

Electrotehnica 8 (1960) 11, 396—398

Se prezintă o metodă de proiectare a unei bobine înalte ce produce cîmp magnetic, similar cu cel care apare la bobina unui coercimetru de tipul Helmholtz—Stäblein, rezultînd o economie de cupru şi energie electrică de circa 40%. De asemenea în metodica de proiectare folosită se utilizează, pentru calculul cîmpului magnetic, o formulă nouă, simplă şi exactă, dedusă de autor.

DOCUMENTARE, 399—400

RECENZII, 401

CRONICĂ, 402—404

CONTENTS

DC 538 : 621.316.5.027.8 (47)

Hortopan Gh. : **New achievements of the Soviet science and technics in the range of high voltage equipment**

Electrotehnica 8 (1960) 11, 373—377

DC 621.312 :621.315.2 + 621.315.6 (498)

Pîrcioagă V. : **Achievements performed and future prospects of the cables and electroinsulant materials factory**

Electrotehnica 8 (1960) 11, 377—379

DC 621.318.33.001.2

Cosmin Gh. : **Determining of the optimum dimensions of one-phased alternating current electromagnets**

Electrotehnica 8 (1960) 11, 379—385

A formula is being established for the manufacturing cost of the monophasic alternating current electromagnets, as a function of various parameters, their optimum values being determined in this way. It is demonstrated that the most significant parameter is the induction which must not exceed 3 T.

DC 621.319.4.029.45 :621.365.5

Bercu A., Podani E. : **Capacitors for thermal treatment installations at 8 000 Hz**

Electrotehnica 8 (1960) 11, 385—391

After an exposition of the present stage of the problem in world technics, the authors show the calculus, the construction and the tests carried on in working of a new capacitor type for heat treatment installations at 8 000 Hz which was achieved at the Electrical Engineering Research Institute in Bucharest. It is also shown that this new Rumanian produit corresponds to the nost recent stage of world technics in respect of its technico-economic indices.

FOR THE YOUNG ENGINEER

DC 621.327.43 :628.972.3

Prisăcaru V. : **Determining of the illumination in the for rectangular shaped panels**

Electrotehnica 8 (1960) 11, 391—396

A series of relationships are established which permit the determination of the lighting power in the case of rectangular shaped panels, starting from a certain minimum illumination, imposed by standards, in a certain point on the working surface. Finally, a numerical exemple shows the mode of applying the established formulae.

NOTES

DC 621.318.33.001.24

Barbu I. : **Dimensioning optimum flat coils producing magnetic fields**

Electrotehnica 8 (1960) 11, 396—398

Aplying a new planning method to flat coils, similar to ones used in Helmholtz—Stäblein Coercimeters, one saves 40% copper and energy. The formula aplied to compute the magnetic field is simple and exact.

DOCUMENTATION, 399—400

BOOK REVIEWS, 401

CHRONICLE, 402—404

СОДЕРЖАНИЕ

ДК. 538 : 6_1.316.5.027.8 : 47 :

Hortopan Gh.; **Новые достижения советской науки и техники в облати аппаратуры высокого напряжения**

Electrotehnica 8 (1960) 11, 373–377

ДК. 621.312 :621.315.2 + 621.315.6 (498)

Pîrcioagă V.; **Достижения и перспективы развития фабрики кабелей и электроизоляционных материалов**

Electrotehnica 8 (1960) 11, 377–379

ДК. 621.318.33.001.2

Cosmin Gh.: **Определение оптимальных размеров электромагнитов монофазного переменного тока**

Electrotehnica 8 (1960). 11, 379–385

Уточнена формула себестоимости электромагнитов монофазного постоянного тока в зависимости от различных параметров. При этом определяются их оптимальные значения. Доказывается, что основным параметром является индукция, которая не должна превышать 1,3 Т.

ДК. 621.319.4.029.45 :621.365.5

Bercu A., Podani N.: **Конденсаторы для термообрабатывающих установок на 8000 гц**

Electrotehnica 8 (1960) 11, 385–391

Показано положение данного вопроса в мировой технике и приводится расчет, конструкция и эксплуатационные испытания нового типа конденсатора для термообрабатывающих установок на 8000 гц, сконструированного Бухарестским Научно-исследовательским электротехническим институтом.

Отмечается, что технико-экономические показатели этого нового румынского изделия находятся на уровне мировой техники.

ДЛЯ МОЛОДОГО ИНЖЕНЕРА

ДК. 621.327.43 :628.972.3

Prisăcaru V.; **Определение мощности ламп для щитов прямоугольной формы**

Electrotehnica 8 (1960) 11, 391–396

Уточняется ряд соотношений, допускающих определение мощности ламп в случае прямоугольных щитов, исходя от определенной минимальной освещаемости, согласно нормам в определенной точке рабочей поверхности. В заключение приводится численный пример применения выведенных формул.

ЗАМЕТКИ

ДК. 621.318.33 001.24

Barbu I.: **Оптимальное измерение плоских катушек для произведения магнитного поля.**

Electrotehnica 8 (1960) 11, 396–398

Приводится метод проектирования высокой катушки произвоящей магнитное поле, подобное полю появляющемуся в катушке коэрциметра типа Гельмгольц Стёблейн, дающий экономию меди и электроэнергии примерно в 40%. В применяемом методе проектирования используется, для расчета магнитного поля, новая формула, простая и точная, вывеоенная автором.

ДОКУМЕНТАЦИЯ, 399–400

РЕЦЕНЗИИ, 401

ХРОНИКА, 402—404

SOMMAIRE

CD 538 :621.316.5.027.8 (47)

Hortopan Gh. : **Nouvelles réalisations de la science et de la technique soviétique dans le domaine de l'outillage à haute tension**

Electrotehnica 8 (1960) 11, 373–377

CD 621.312 :621.315.2 + 621.315.6 (498)

Pîrcioagă V. : **Réalisations et perspectives de développement de la Fabrique de câbles et de matériaux électroisolants**

Electrotehnica 8 (1960) 11, 377–379

CD 621.318.33.001.2

Cosmin Gh. : **Détermination des dimensions optimales des électroaimants pour courant alternatif monophasé**

Elecrotehnica 8 (10t9)6 11, 379–385

On établit une formule pour le prix de revient des électroaimants monophasés pour c.a. en fonction de différents paramètres, déterminant ainsi les valeurs optimales de ceux-ci. On démontre que le paramètre le plus important est l'induction, qui ne devra pas dépasser 1,2 T.

CD 621.319.4.029.45 :621.365.5

Bercu A., Podani E. : **Condensateurs pour installations de traitements thermiques à 8 000 Hz**

Electrotehnica 8 (1960) 11, 385–391

Après avoir présenté le état du problème dans la technique mondiale, on présente le calcul, la construction et les essais dans l'exploitation d'un nouveau type de condensateur pour les installations dans les traitements thermiques à 8 000 Hz, qui a été réalisé à l'Institut de Recherches Elctrotechniques de Bucarest.

On montre que ce nouveau produit roumain présente des indices techno-économiques qui le situe au niveau de la technique mondiale.

POUR LE JEUNE INGENIEUR

CD 621.327.43 :628.972.3

Prisăcaru V. : **La détermination de la puissance des lampes pour les panneaux de forme rectangulaire**

Electrotehnica 8 (1960) 11, 391–398

On établit une série de relations qui permettent de déterminer la puissance des lampes dans le cas des panneaux de forme rectangulaire, en partant d'une certaine illumination minime imposée par les normes dans un certain point de la surface utile. En conclusion, un exemple numérique montre la modalité d'application des formules établies.

NOTES

CD 621.318.3.001.24

Barbu I. : **Calcul des dimensions optimes des bobines plates produisant un champ magnétique**

Electrotehnica 8 (1960) 11, 396–398

On aplique une méthode de calcul d'une bobine haute qui produit un champ magnétique similair à celui qui apparait dans l'enroulement d'un Coërcimétre de tip Helmholtz–Stäblein. De l'aplication de cette méthode il resulte une économie de cuivre et d'énergie électrique d'env'ron 40%. L'auteur y fait usage d'une formule nouvelle a la fois simple et précise.

DOCUMENTATION, 399–400

COMPTES-RENDUS, 401

CHRONIQUE, 402–404

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ȘI AL MINISTERULUI INDUSTRIEI GRELE

Anul 8 nr. 11 București, noiembrie 1960

Noi realizări ale științei și tehnicii sovietice în domeniul aparatajului de înaltă tensiune

Gheorghe Hortopan * – București

CZ 538 :621.316.5.027.8(47)

Pe drumul indicat de marele Lenin : „Comunismul înseamnă puterea Sovietelor plus electrificarea întregii țări", oamenii de știință din Uniunea Sovietică au depășit și în domeniul energeticei și al echipamentului de înaltă tensiune, realizările din țările capitaliste.

În adevăr, în Uniunea Sovietică s-a pus în funcțiune linia de transport de energie electrică de foarte înaltă tensiune de 500 kV, între Kuibîșev și Ural, cu tensiunea de exploatare cea mai ridicată din întreaga lume.

Centrala hidraulică „Lenin" de pe Volga este cea mai mare centrală din lume. În centrală sînt instalate 20 agregate de 115 MV totalizînd 2 300 MV. Energia electrică produsă de această centrală este transportată spre Moscova și Ural cu ajutorul liniilor de transport de 400 kV și în sistemul regional cu ajutorul liniilor de 110 și 220 kV.

În Uniunea Sovietică sînt în curs de proiectare o turbină cu abur de 800 MW și un hidrogenerator de 500 MW, cel mai mare din lume, care se va instala în centrala din Krasnoiarsk, pe Ienisei.

O linie de 800 kV în curent continuu între Stalingrad și Bazinul Donețului va uni sistemul energetic din sud al Uniunii Sovietice cu sistemul energetic din centru. La începutul și sfîrșitul acestei linii lungă de 473 km se vor instala stații convertizoare automate. Noua linie va transporta pentru prima dată în lume energie în curent continuu pe o distanță atît de mare.

Oamenii de știință și constructorii sovietici au dezvoltat noi întreruptoare de înaltă tensiune, cu o mare capacitate de rupere, capabile să satisfacă în bune condiții cerințele de exploatare ale unor sisteme energetice atît de puternice. În cadrul acestui articol se arată succesele strălucite obținute de oamenii de știință sovietici în domeniul întreruptoarelor de înaltă tensiune.

Datorită condițiilor climatice, foarte variate în cuprinsul Uniunii Sovietice, în care trebuie să funcționeze echipamentul electric de înaltă tensiune, au fost dezvoltate trei tipuri de întreruptoare : cu ulei mult, cu ulei puțin, cu aer comprimat. Pentru tensiunile peste 35 kV se fabrică toate cele trei tipuri de întreruptoare.

Prin perfecționări continue care au fost aduse dispozitivelor de stingere a arcului, întreruptoarele cu ulei mult tip MKP-110 kV și MKP-220 kV și-au sporit considerabil puterea de rupere, ajungînd la 5 000 MVA pentru 110 kV și la 7 000 MVA pentru 220 kV. Aceste întreruptoare funcționează cu reanclanșare automată. În prezent se desfășoară lucrări de cercetare în vederea scăderii și mai mult a volumului de ulei, care fusese și mai înainte micșorat.

S-au încheiat cu succes lucrările de cercetare și încercările pentru noile întreruptoare cu ulei puțin de tip VMK pentru tensiunile de 110 kV și 220 kV, cu puterile de rupere de 4 000 MVA, respectiv 7 000 MVA. La ambele tensiuni aceste întreruptoare au pe fază o singură cameră de stingere. În figura 1 este redată fotografia unui astfel de întreruptor pentru tensiunea de 110 kV. Aspectul întreruptorului de 220 kV este similar.

O deosebită atenție s-a acordat pentru realizarea seriei unitare de întreruptoare cu aer comprimat, pentru tensiuni nominale peste 35 kV. S-a elaborat astfel și s-a fabricat în serie mare tipul de întreruptor cu aer comprimat și separator de izolare exterior pentru tensiunile nominale de 110, 154, 220, 400 kV și cu puterile de rupere corespunzătoare de 4 000, 6 000, 7 000, 10 000 MVA.

* Ing. *Gh. Hortopan*, conferențiar la Institutul Politehnic-București, este directorul tehnic al Institutului de cercetări Electrotehnice.

Figura 2 arată o fază a unui întreruptor de acest tip pentru tensiunea nominală de 110 kV.

Deoarece puterea sistemului energetic a crescut vertiginos a fost necesar să se elaboreze o nouă serie de întreruptoare cu aer comprimat care să satisfacă condiţiile de exploatare astfel create. Aceasta este seria de întreruptoare VVNR, care a şi fost introdusă în fabricaţie şi care lucrează cu spaţiu de izolare în aer comprimat. În figura 3 se indică schema de principiu a unui pol de întreruptor, unde *1—1* sînt contactele de întrerupere, iar *2—2* sînt contactele de izolare.

Pentru a asigura o repartiţie corectă a tensiunii pe camerele de stingere şi pentru a limita supra-

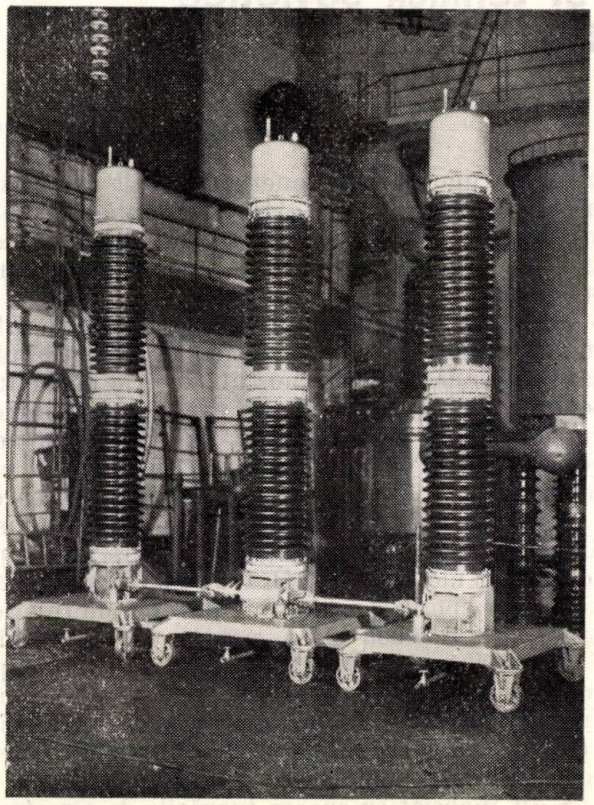


Fig. 1. Întreruptor cu ulei puţin 110 kV, 1 000 A, 4 000 MVA.

tensiunile de comutaţie, în paralel cu fiecare cameră de stingere există cîte o rezistenţă. Contactele de izolare sînt dimensionate pentru a întrerupe curentul care trece prin rezistenţele conectate în paralel cu camera de stingere. Condensatoarele aşezate în paralel pe contactele de izolare au rolul de a repartiza uniform tensiunea pe spaţiile de izolare, conectate în serie. Figura 4 arată un întreruptor din seria menţionată pentru tensiunea de 500 kV, dezvoltat pe două coloane. Fiecare coloană are cinci camere de stingere, iar dispozitivul de izolare este repartizat pe ambele coloane. În figura 5 sînt indicate

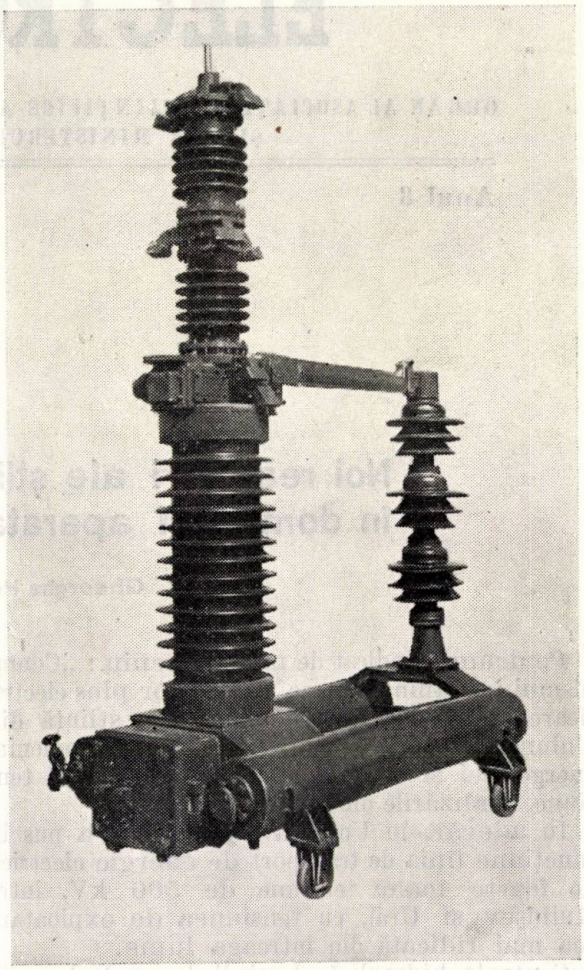


Fig. 2. Întreruptor cu aer comprimat (un pol), cu separator extern 110 kV 2 000 A.

toate tipurile de întreruptoare cu aer comprimat ale acestei serii care are următoarele avantaje:

— un control mai simplu al circuitului;

— funcţionare independentă de condiţiile atmosferice, deoarece dispozitivul de izolare este protejat în interiorul unui izolator de porţelan;

— dispozitivul de izolare are capacitate de întrerupere ridicată pentru a permite aplicarea de rezistenţe diferite în paralel cu camerele de stingere, în scopul limitării supratensiunilor;

— viteză mare de închidere a dispozitivului de izolare, ceea ce permite reanclanşarea rapidă;

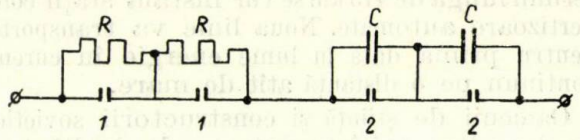


Fig. 3. Schema de principiu a noului întreruptor VVNR, cu aer comprimat.

— toate elementele componente (camera de stingere şi dispozitivul de izolare) sînt identice şi independente de tensiune, ceea ce permite o

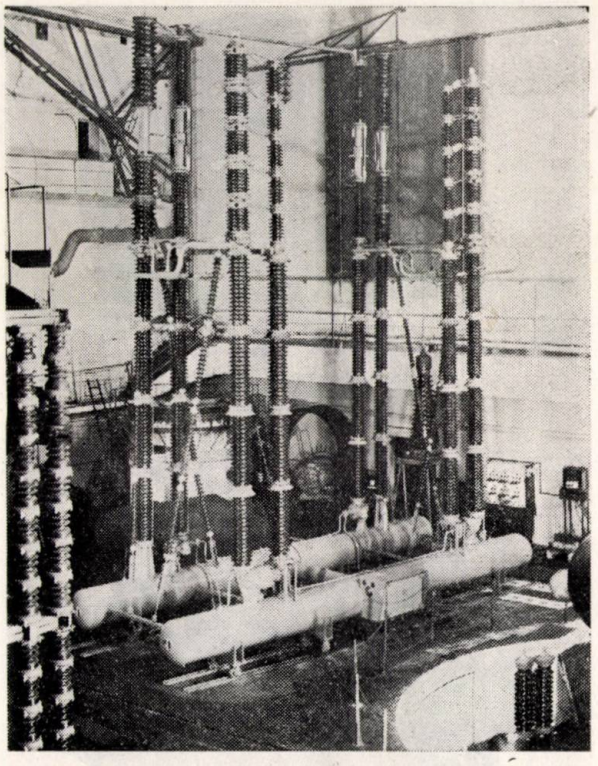


Fig. 4. Întreruptorul cu aer comprimat (un pol) de tip VVNR-500, 500 kV, 20 000 MVA, 2 000 A.

reducere în fabricație a numărului de repere și deci se asigură o productivitate mare.

În tabela 1 sînt date caracteristicile principale ale întreruptoarelor cu aer comprimat, seria VVNR. Deși puterile de rupere ale acestei serii de întreruptoare sînt foarte mari, pentru a face față cerințelor de dezvoltare în viitor, în U.R.S.S. se fac cercetări intense în vederea creșterii puterii de rupere la 10 000 MVA pentru 110 kV, la 15 000 MVA pentru 220 kV, la 25 000—30 000 MVA pentru 500 kV.

Pentru protecția generatoarelor din centrale s-a dezvoltat întreruptorul cu aer comprimat de tip VV-15, așa cum se arată în figura 6.

Cele trei faze sînt montate pe un rezervor de aer comprimat comun, care este în același timp și capac de rezistență mecanică. Stingerea

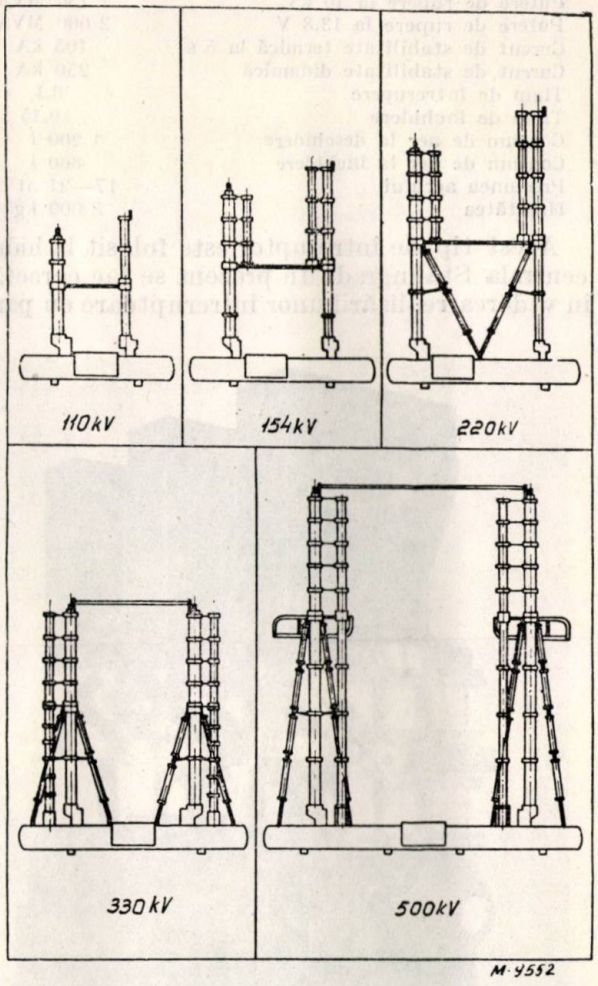


Fig. 5. Seria nouă de întreruptoare cu aer comprimat de 110, 154, 220, 330, 500 kV.

arcului se realizează prin suflare oblică în camera de stingere, care este prevăzută cu plăci pentru divizarea arcului. Caracteristicile prin-

Tabela 1

Caracteristicile principale ale întreruptoarelor cu aer comprimat VVNR

Tensiune nominală	Curent nominal	Capacitate de întrerupere	Tensiune de încercare a dispozitivului de izolare			Timp de acționare		Rezistență în paralel	Consum de aer comprimat		Greutatea a trei poli	Dimensiuni generale		
			La frecv. industr.	Undă plină	Undă tăiată	Deschidere	Închidere		Deschidere	Debit		Înălțime	Lungime	Lățime
kV	A	MVA	kV	kV_{max}	kV_{max}	s	s	Ω	l	l/h	kg	mm	mm	mm
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
110	2 000	6 000	355	570	680	0,040	0,23	fără rezistență	9 000	600	9 000	5 000	4 500	1 600
154	2 000	7 500	460	750	895	0,045	0,25	21 000	13 000	800	12 000	6 600	5 600	1 600
220	2 000	10 000	675	1 100	1 350	0,050	0,27	28 000	18 000	1 000	15 000	8 000	5 700	2 100
330	2 000	15 000	875	1 450	1 700	0,055	0,30	56 000	36 000	2 000	34 000	7 160	6 700	3 165
500	2 000	20 000	1 150	1 900	2 200	0,060	0,32	3 000	60 000	2 400	54 000	10 600	9 500	3 950

cipale ale întreruptorului VV-15 sînt următoarele:

Tensiune nominală	15 kV
Curent nominal	6 kA
Putere de rupere la 10 kV	1 750 MVA
Putere de rupere la 13,8 V	2 000 MVA
Curent de stabilitate termică la 5 s	105 kA
Curent de stabilitate dinamică	250 kA
Timp de întrerupere	0,1 s
Timp de închidere	0,15 s
Consum de aer la deschidere	1 200 l
Consum de aer la închidere	800 l
Presiunea aerului	17—21 at
Greutatea	3 000 kg

Acest tip de întreruptor este folosit la hidrocentrala Stalingrad. În prezent se fac cercetări în vederea realizării unor întreruptoare cu para-

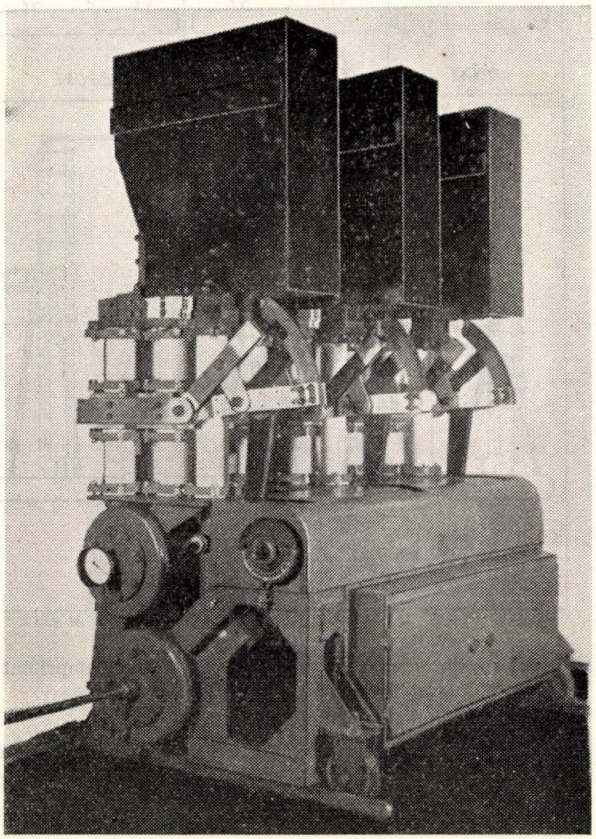


Fig. 6. Întreruptorul cu aer comprimat VV-15, 15 kV, 6 000 A, 2 000 MVA, folosit pentru protecția generatoarelor.

metri mai ridicați (puterea de rupere de 4 000 MVA, curentul nominal 10 000 A), pentru a funcționa în centrale hidroelectrice de putere mai mare. În figura 7 se arată un întreruptor cu aer comprimat VV-15/600 pentru centrale hidroelectrice auxiliare. Datele principale ale acestui întreruptor sînt:

Tensiune nominală	15 kV
Curent nominal	600—800 A
Putere de rupere	500 MVA
Consum de aer la deschidere	500 l
Presiunea aerului	15—20 at
Greutatea	900 kg

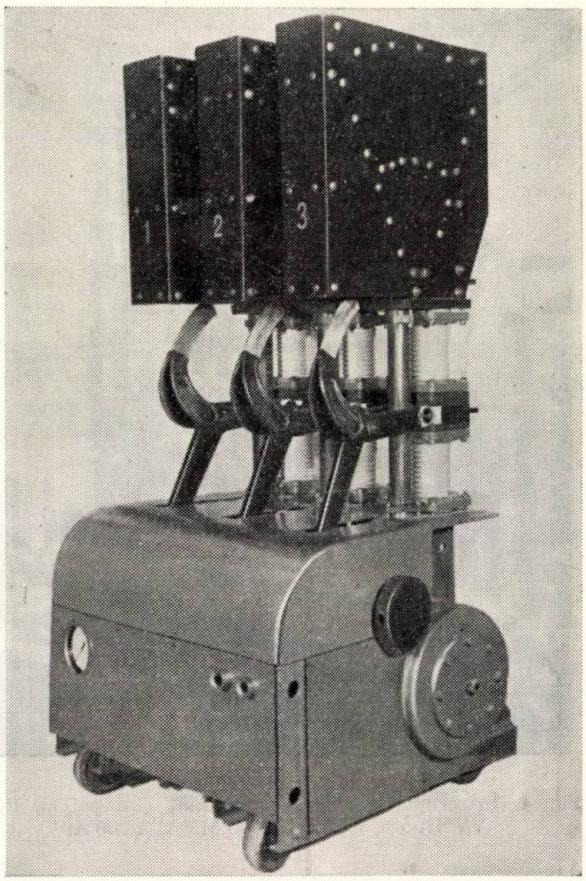


Fig. 7. Întreruptor cu aer comprimat de 15 kV, 800A, 500 MVA.

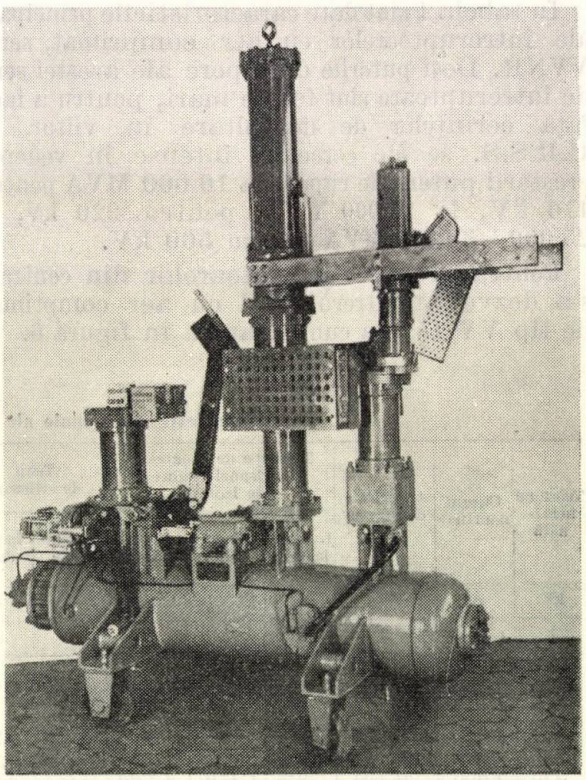


Fig. 8. Întreruptor de protecție cu aer comprimat, de 12 kV, 125 kA, folosit în stațiile de încercări.

O realizare de înalt nivel este întreruptorul VVZ-1-12, indicat în figura 8, destinat a servi ca întreruptor de protecție în stadiile de încercări de mare putere din U.R.S.S. și R. P. Chineză. Acest întreruptor are următoarele date principale:

Tensiune nominală	12 kV
Curent de rupere simetric	125 kA
Curent de rupere asimetric	290 kA
Curent limită dinamic	230 kA
Curent limită termic, 1 s	125 kA
Presiunea aerului	17,5—20 at
Timpul de deschidere	0,09 s
Consumul de aer la o deschidere, pe pol	1 100 l
Greutate pe pol	1 000 kg

Așa cum s-a arătat, în U.R.S.S. s-au dezvoltat întreruptoare de înaltă și foarte înaltă tensiune, cu parametrii cei mai ridicați, întreruptoare care funcționează în puternicele sisteme energetice din U.R.S.S., cu tensiuni pînă la 500 kV inclusiv. Oamenii de știință și tehnicienii sovietici studiază astăzi posibilitatea de a obține întreruptoare cu o putere de rupere încă mai mare, ajungînd la 30 000 MVA, ceea ce situează U.R.S.S. în fruntea țărilor care au dezvoltată această tehnică.

Bibliografie

[1] *Butkevici G. V.*: Noi tipuri de întreruptoare de mare putere fabricate în U.R.S.S. Raport R la Simpozionul Internațional „Tehnica întreruperii și întreruptoare de înaltă tensiune", Praga 1959.

Intrat în redacție la 1 noiembrie 1960.

Realizările și perspectivele de dezvoltare ale Fabricii de cabluri și materiale electroizolante

Virgil Pîrcioagă* — București

CZ 621.312:621.315.2+621.315.6(498)

Fabrica de cabluri și materiale electroizolante creație a regimului de democrație populară, a împlinit recent un deceniu de activitate, aniversare sărbătorită cu bucurie de către colectivul de muncitori, tehnicieni, ingineri și funcționari.

În primii zece ani de existență fabrica a asigurat majoritatea conductoarelor și cablurilor electrice necesare pentru planul de electrificare al R.P.R., cît și materiale electroizolante folosite la construcția mașinilor electrice.

Cu sprijinul primit din partea partidului și guvernului care au creat posibilitățile unei creșteri continue, cu ajutorul U.R.S.S. în utilaje, materii prime, documentații, specialiști etc., fabrica s-a dezvoltat și extins într-un ritm rapid. Ea a fost încadrată de la începutul ei cu elemente tinere și de nădejde, care au reușit în scurt timp să-și apropie toate cunoștințele necesare unei specializări și a unei înalte calificări.

Astfel, din decembrie 1949, cînd s-a început producția de masă și pînă la sfîrșitul anului 1959 valoarea producției globale și de marfă a crescut de peste patru ori, productivitatea muncii de două ori și jumătate, iar salariul mediu pe cap de muncitor de aproape trei ori.

Pentru anul 1960 valoarea producției globale față de 1959 prevede o creștere de 30 %.

În zece ani, valoarea investițiilor pentru construcții-montaje și achiziționare de utilaje noi din țară și import a crescut de aproape 20 ori, ceea ce a impus ca suprafața clădită să se mărească de aproape 8 ori, prin construcții de hale noi și moderne, în care au fost montate peste 200 utilaje noi, cu caracteristici tehnice superioare. Aproape jumătate din acestea s-au construit în interiorul fabricii, în cadrul acțiunii de autoutilare.

Suprafața fabricii s-a extins de peste unsprezece ori, iar lungimea drumurilor, pavate și asfaltate, s-a triplat, ceea ce a permis o mai bună organizare a transporturilor de materii prime și semifabricate între sectoarele productive, magaziile de desfacere și rampele de încărcare.

De la două secții productive în 1950, conductoare electrice și tuburi izolante, fabrica s-a dezvoltat pe parcurs funcție de necesitățile mereu crescînd ale economiei naționale. Fabrica are astăzi trei sectoare productive: conductoare electrice, cabluri de forță și materiale electroizolante, în care numărul muncitorilor, inginerilor și tehnicienilor s-a dublat față de 1950.

Organizată în condițiile menționate, întreprinderea a fabricat numeroase produse noi pentru economia națională, semifabricate pentru produse complexe de export al căror număr se ridică la 115 în 1960 față de 15 cît se produceau în decembrie 1949.

Astfel în sectorul cabluri de forță s-au realizat încă din anul 1951 cablurile de forță armate de 1 și 6 kV, pentru transportul și distribuția energiei electrice, inițial pînă la secțiunea de 3×50 mm^2, iar din 1958 pînă la 3×150 mm^2.

În ianuarie 1960, s-a trecut la producția industrială a cablurilor de forță cu secțiunea fazelor în sector de cerc, de la 3×35 mm^2 la

* *V. Pîrcioagă* este director al Fabricii de cabluri și materiale electroizolante din București.

3 × 150 mm² obținîndu-se o reducere a prețului de cost de circa 12 000 lei/km, față de cele cu secțiune circulară, prin micșorarea consumului specific al unor materii prime.

Tot în acest sector s-au fabricat începînd din 1952 cabluri telefonice urbane.

De asemenea, din 1958 se fabrică diverse sortimente de cabluri de comandă, măsură, control, semnalizare și bloc stație, necesare pentru instalațiile centralizate și automate din stațiile de cale ferată.

În sectorul conductoare electrice s-au realizat numeroase sortimente noi printre care : conductoare de instalații, cordoane cu manta de cauciuc, cablaje electrice, conductoare conexiuni izolate cu mase plastice, conductoare de bobinaj izolate cu lacuri din clase superioare și cu fire de sticlă pentru mașinile eletctrice care lucrează în medii cu temperaturi ridicate conductoare de bobinaj pentru climat TH etc.

Cîteva din aceste produse se exportă începînd din 1959 în străinătate.

În sectorul materiale electroizolante s-au fabricat materiale presate, micanite și micafoliate, lacuri electroizolante, țesături impregnate și lăcuite etc.

Un succes deosebit l-a constituit asimilarea fabricării, la sfîrșitul anului 1958, a condensatoarelor statice trifazate (CU — 0,380 kV, 14 kVar, la 50 Hz) pentru îmbunătățirea factorului de putere la întreprinderile industriale, iar la începutul anului 1960 a condensatoarelor de 500 V.

La realizarea acestora, un aport important a fost adus de colectivul de cercetători de la ICET.

La fabricarea acestui însemnat număr de produse noi o contribuție deosebită a adus sectorul de utilaje noi.

În cadrul acestui sector, folosindu-se documentația tehnică sovietică, s-au construit peste 80 agregate și utilaje noi, cu caracteristici tehnice superioare.

Printre cele mai importante se numără complexele de agregate pentru fabricarea cablurilor de forță și telefonice, mașini semiautomate pentru izolarea conductoarelor de bobinaj cu fibre textile, mașini de izolat sîrmele profilate de Cu și Al cu bumbac și hîrtie, mașini pentru țesut conductoarele de instalații electrice interioare, presă modernă de izolat conductoarele de instalații (INTENC), conexiuni etc. cu mase plastice, mașina de lăcuit conductoare pentru instalațiile de lumină și forță, cuptoare de emailare tip „Gigant" pentru izolarea sîrmelor de bobinaj de Cu și Al cu lacuri email din clase superioare (poliamidice, epoxidice, tereftalice etc.) și multe altele.

În paralel cu înzestrarea fabricii cu utilaje noi din țară și import s-a pus un accent deosebit pe mecanizarea operațiilor mai grele.

Ca urmare, în sectoarele pregătirea sîrmei, plastificare, cabluri de forță etc. gradul de mecanizare a crescut de la circa 10% în 1952 la 80% în 1960, ceea ce a dus la creșterea productivității muncii și a permis utilizarea unui număr de peste 100 muncitori în alte sectoare productive.

O contribuție de seamă la realizarea produselor menționate, la un nivel tehnic calitativ cît mai ridicat, a adus mișcarea de inovații din fabrică, care în prezent, s-a transformat într-o acțiune de masă.

Cele peste 400 inovații, perfecționări tehnice și raționalizări aplicate în primii 10 ani de existență ai fabricii au adus economii de aproape opt milioane lei în afară de faptul că au sprijinit efectiv fabricarea produselor noi, au adus un aport real la îmbunătățirea tehnologiei de fabricație, în special în sectoarele email, pregătirea sîrmei și cabluri de forță.

Numai în primul trimestru al anului 1960 s-au prezentat la cabinetul tehnic 59 propuneri de perfecționări tehnice și raționalizări, din care 22 s-au și aplicat în producție și aduc economii antecalculate de peste un milion de lei anual.

Pentru executarea unora din produsele importante, la nivelul cerut de tehnica modernă, s-au făcut schimburi de experiență cu întreprinderi similare din U.R.S.S. și din celelalte țări socialiste. Astfel, s-a folosit experiența însușită și documentațiile tehnice obținute la construcția unor agregate și utilaje importante.

În prezent întreținem o permanentă colaborare tehnico-științifică cu colectivele fabricilor Moskabel, Podoloskabel, Electroprovod, Kondensator și altele din U.R.S.S., cu cele ale fabricilor de cabluri din Kladno și Decin din Republica Socialistă Cehoslovacă, cu fabricile Köpenik și Oberspree din R. D. Germană, cu numeroase întreprinderi ale industriei electrotehnice din R.P. Ungară, cu fabrica de cabluri „Vasile Kolorov" din R.P. Bulgaria.

În primii 10 ani de existență ca urmare a prevederilor din Hotărîrile Plenarelor C.C. al P.M.R., colectivul fabricii de cabluri și materiale electroizolante a dus o luptă susținută pentru reducerea prețului de cost a produselor fabricate, prin micșorarea consumurilor specifice de materii prime, introducerea micii mecanizări, raționalizarea transporturilor etc. Ca urmare a produselor de cea mai mare pondere în fabricații prețul de cost a scăzut cu peste 40%.

Bilanțul primilor 10 ani de existență și activitate arată că întregul colectiv al Fabricii de cabluri și materiale electroizolante a înțeles sarcinile ce i-au stat în față și le-a îndeplinit cu succes, asigurînd conductoarele, cablurile electrice și materialele electroizolante necesare planului de electrificare al patriei noastre.

Directivele și Hotărîrile celui de al III-lea Congres al P.M.R. prevăd că sarcina fundamentală a planului economic pentru perioada de șase ani, 1960—1965, este dezvoltarea bazei tehnico-materiale a socialismului, creșterea ra-

pidă a forțelor de producție în vederea desăvîrșirii construcției socialiste în Republica Populară Romînă. S-a hotărît dezvoltarea cu precădere a industriei grele cu pivotul ei, industria constructoare de mașini, care va asigura creșterea în ritm susținut a tuturor ramurilor economiei naționale.

Producția de conductoare și cabluri electrice va crește în 1965 de peste 2,5 ori față de 1959, din care producția de cabluri de forță de circa patru ori.

Această creștere masivă va aduce aportul său la dezvoltarea corespunzătoare a construcțiilor de mașini electrice și transformatoare, construcții industriale, introducerea pe scară tot mai largă a electrificării în agricultură și pune în fața colectivului Fabricii de cabluri și materiale electroizolante sarcini noi, deosebit de importante.

Creșterea producției Fabricii de cabluri și materiale electroizolante va fi asigurată, pe de o parte, prin modernizarea unora din mașinile existente, înlocuirea celor vechi cu agregate noi, moderne, de mare productivitate, iar pe de alta, prin folosirea la maximum a suprafețelor de producție actuale, în paralel cu investiții importante pentru construcția unor noi hale de producție.

Acțiunea de ridicare a nivelului tehnic al producției, în lumina prevederilor Hotărîrii C.C. al P.M.R. și a Consiliului de Miniștri al R.P.R. din iulie a. c., se va intensifica în anii următori. Se vor introduce procedee tehnologice noi, ca recoacerea sîrmelor de Cu simultan cu trefilarea, automatizarea procesului tehnologic de pregătire a amestecurilor izolante pe bază de cauciuc, vulcanizarea continuă etc.

Se vor realiza noi mecanizări în sectoarele productive, pentru care se întocmesc studii tehnico-economice.

Colectivul Fabricii de cabluri și materiale electroizolante conștient de importanța deosebită pe care întreprinderea noastră o are în cadrul industriei noastre electrotehnice, a cărei dezvoltare și extindere s-a hotărît de către cel de-al III-lea Congres al P.M.R., privește cu încredere sporită la perspectivele mărețe ce i se deschid în față și este mîndru că fabrica va juca un rol de seamă în cadrul industriei de cabluri electrice, în curs de organizare în țara noastră.

Intrat în redacție la 19 aprilie 1960.

Determinarea dimensiunilor optime ale electromagneților de curent alternativ monofazat

Gh. Cosmin* — București

Calculul de proiectare și dimensionarea electromagneților întîmpină dificultăți datorite fenomenelor neliniare în circuitul magnetic și a repercusiunilor acestora în circuitele electrice. Există numeroase metode de calcul pentru dimensionarea și proiectarea lor, cele mai utile fiind cele care sînt simple și dau rezultate concordante cu măsurătorile efectuate de electromagneți fabricați. Lucrarea urmărește aceste obiective.

CZ 621.318.33.001.2

Electromagneții de curent alternativ monofazat au o largă întrebuințare în toate domeniile electrotehnicii și în special în construcția aparatelor electrice de joasă tensiune.

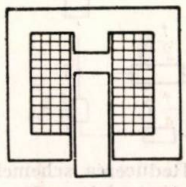


Fig. 1. Electromagnet solenoidal.

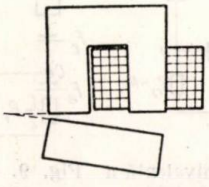


Fig. 2. Electromagnet tip U.

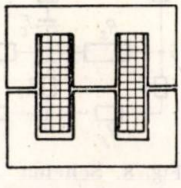


Fig. 3. Electromagnet E dublu.

Se folosesc numeroase forme constructive: solenoid (fig. 1), tip U (fig. 2), E dublu (fig. 3), E simplu (fig. 4), T (fig. 5), E cu braț fals (fig. 6) etc. Dacă în ceea ce privește metodele de calcul, s-au făcut în ultimii ani progrese serioase prin aplicarea metodei de descompunere a permeanțelor în permeanțe geometrice elementare [1], prin determinarea configurației fluxurilor de umflări și de scăpări [2], prin stabilirea metodelor de calcul al timpului de acționare [3] etc., în ceea ce privește alegerea

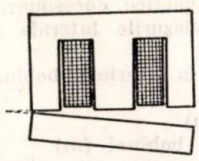


Fig. 4. Electromagnet E simplu.

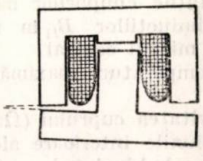


Fig. 5. Electromagnet T.

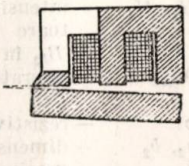


Fig. 6. Electromagnet E cu braț fals.

* Ing. *Gh. Cosmin* este inginer șef la întreprinderea „Electroaparataj".

diferiților parametri de bază, părerile sînt încă foarte împărțite și fiecare constructor acționează altfel. Punînd alături un număr de electromagneți monofazați de același tip, însă de diferite proveniențe, se poate vedea imediat că nu există nici cea mai mică linie conducătoare comună. O astfel de linie ar trebui totuși să existe; ea ar trebui să fie linia de maximă economicitate, de consum minim de materiale. Ne propunem deci să calculăm costul materialului pentru un electromagnet de curent alternativ monofazat de tip E dublu (fig. 7), ținînd seamă de principalii parametri inițiali.

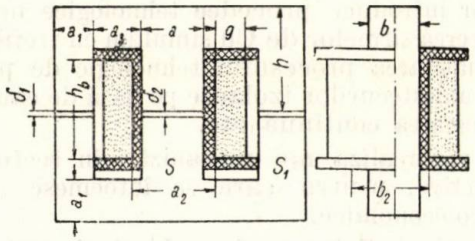


Fig. 7. Electromagnet E dublu (dimensiuni principale).

Notații:

B — inducția maximă în întrefierul central (T) *parametrul 1*
S — secțiunea miezului central (m²)
B_1 — inducția maximă în întrefierurile laterale (T)
S_1 — secțiunea unui miez lateral (m²)
F_m — forța medie totală (N)
F_1, F_2, F_3 — forțele medii date de miezurile 1, 2 și 3 (N)
$\alpha = \frac{S}{S_1}$ — *parametrul 2* (supraunitar)
Φ, Φ_1 — fluxurile în miezul central și lateral (Wb)
a, a_1 — lățimea miezului central și lateral (m)
b — grosimea magnetului (m)
$\nu = \frac{b}{a}$ — *parametrul 3*
U — tensiunea de serviciu (V)
f — frecvența (Hz)
N — numărul de spire al bobinei
$\mathcal{F}_\mu$ — solenația totală (A — spire)
I_μ — curentul magnetizant (A)
R_f, R_j — reluctanțele circuitelor de fier (Asp/Wb)
R_a — reluctanțele întrefierurilor (Asp/Wb)
R_e — reluctanța echivalentă (Asp/Wb) egală prin definiție cu F_μ/Φ
δ_1, δ_2 — valorile întrefierurilor (m)
H_1, H_2 — intensitățile cîmpurilor magnetice corespunzătoare inducțiilor B_{f1} în miezurile laterale și B_{f2} în miezul central
ϑ_{max} — supratemperatura maximă în interiorul bobinei (°C)
ρ — rezistivitatea cuprului (Ωm)
a_2, b_2 — dimensiunile interioare ale bobinei (m)
g — grosimea bobinei (m)
h_b — înălțimea bobinei (m)
I_e — curentul echivalent (A)
R_b — rezistența bobinei (Ω)
s — secțiunea conductorului bobinei (m²)
$\varepsilon = \frac{h_b}{g}$ — *parametrul 4*
G_{Cu}, G_{Fe} — greutatea cuprului și fierului (kg)
P_{Cu}, P_{Fe} — prețurile pe kg ale cuprului și fierului (lei/kg)
γ_{Cu}, γ_{Fe} — greutățile specifice ale cuprului și fierului (kg/m³)
K_s — coeficientul de împachetare.

Toate calculele sînt făcute luînd ca bază forța medie și nu forța minimă (eliminînd astfel efectul spirei în scurtcircuit), deoarece putem admite că prin justa dimensionare a spirei în toate cazurile, raportul între forța medie și forța minimă este aproximativ constant [7, 8] Avem

$$F_m = F_1 + F_2 + F_3$$

$$F_1 = F_3 = \frac{1}{4\mu_0} B_1^2 S_1, \qquad F_2 = \frac{1}{4\mu_0} B^2 S,$$

$$\Phi_1 = B_1 S_1 = \frac{\Phi}{2} = \frac{BS}{2}.$$

Rezultă

$$F_m = \frac{1}{4\mu_0}\left(\frac{1}{2} B^2 S\alpha + B^2 S\right)$$

de unde

$$S = \frac{8\mu_0 F_m}{B^2(\alpha + 2)}.$$

Dimensiunile miezului central rezultă din relațiile $a \cdot b = S$ și $\frac{b}{a} = \nu$ — parametru în general supraunitar.

Numărul de spire $N \simeq \frac{U}{4{,}44\, f \Phi} = \frac{U}{222\, B\, S}$ admițînd o frecvență $f = 50$ Hz.

Schema echivalentă a unui electromagnet de acest tip (fig. 8) poate fi redusă prin juxtapunerea punctelor E și F, respectiv G și H, care se găsesc la același potențial magnetic, la schema din fig. 9 și apoi din fig. 10, în care

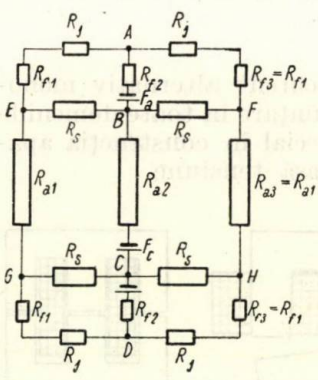


Fig. 8. Schema echivalentă a electromagnetului E dublu.

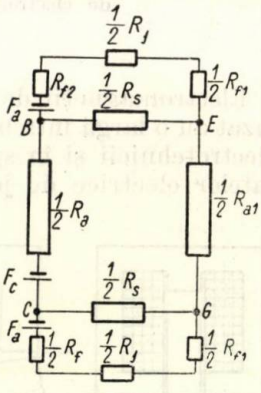


Fig. 9. Reducerea schemei echivalente (etapa I).

s-a repartizat solenația totală în lungul miezului central, notînd:

$\mathcal{F}_a = \frac{\mathcal{F}_c}{2} = \frac{\mathcal{F}_\mu}{4}$ unde $\mathcal{F}_\mu = \sqrt{2}\, NI_\mu$ este solenația totală:

$$R_f' = R_{f2}' + \frac{R_{f1}' + R_j}{2}; \quad R_f'' = R_{f2}'' + \frac{R_{f1}'' + R_j}{2};$$

$$R_a = \frac{R_{a1}}{2} + R_{a2}$$

Din relațiile, evidente în fig. 10 :

$$\mathcal{F}_a = R_f' \Phi_f' - \frac{R_s}{2}\Phi_s' = R_f'' \Phi_f'' - \frac{R_s}{2}\Phi_s''$$

$$\mathcal{F}_c = \frac{R_s}{2}\Phi_s' + \frac{R_{a1}}{2}\Phi + \frac{R_s}{2}\Phi_s'' + R_{a2}\Phi$$

$$\Phi = \Phi_f' + \Phi_s' = \Phi_f'' + \Phi_s''$$

se obține, eliminînd valorile necunoscute ale fluxurilor, expresia reluctanței echivalente :

$$R_e = \frac{\mathcal{F}_\mu}{\Phi} = \frac{2R_s(R_f' B + R_f'' A) + 2R_a A B}{A B + R_s(R_f + R_s)}$$

unde s-a notat $A = 2R_f' + R_s$; $B = 2R_f'' + R_s$ și $2R_f = R_f' + R_f'$.

În cazul în care armătura mobilă are aceleași dimensiuni cu cea fixă, $R_f' = R_f'' = R_f$ și deci :

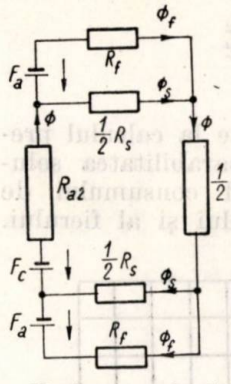


Fig. 10. Reducerea schemei echivalente (etapa II).

$$R_e = \frac{2R_f(R_a + R_s) + R_a R_s}{R_f + R_s}$$

expresie care poate fi utilizată și în cazul general, deoarece diferențele de valori sînt neglijabile.

Putem scrie în continuare :

$$R_e = \left(2 - \frac{1}{1 + \frac{R_f}{R_s}}\right) R_a + \frac{2}{1 + \frac{R_f}{R_s}} R_f$$

Deoarece practic $\frac{R_f}{R_s} \cong 0{,}02$, rezultă :

$$R_e \simeq 1{,}02\ R_a + 1{,}96\ R_f$$

$$R_a = \frac{R_{a1}}{2} + R_{a2} = \frac{1}{2\,\Lambda_{a1}} + \frac{1}{\Lambda_{a2}}.$$

Notăm :

—întrefierul miezurilor laterale $\delta_1 \simeq 5 \cdot 10^{-5}$ (m),
—întrefierul miezului central $\delta_2 \simeq 2 \cdot 10^{-4}$ (m),
care se lasă ceva mai mare pentru a asigura o așezare bună a celor două miezuri.

Din experiențele lui Saharov și Pekker [2], a rezultat că umflările și scăpările de flux într-un electromagnet monofazat capătă configurațiile din fig. 11 și 12.

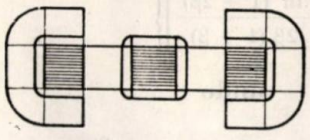


Fig. 11. Configurația permeanțelor de umflări.

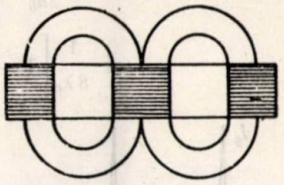


Fig. 12. Configurația permeanțelor de scăpări.

Cunoscînd valorile permeanțelor geometrice elementare [3], se deduc formulele permeanțelor totale în aer :

$$\Lambda_{a1} = \mu_0 \frac{S_1}{\delta_1} + \mu_0\, 0{,}26\,(2a_1 + b) + \mu_0\, 0{,}077.2\,\delta_1 +$$

$$+ \mu_0 \frac{1}{\pi}\,(2a_1 + b)\ln\left(1 + \frac{2h_1}{\delta_1}\right) + \mu_0 \frac{1}{4}\,2h_1$$

și

$$\Lambda_{a2} = \mu_0 \frac{S}{\delta_2} + \mu_0\, 0{,}26\,(2a + 2b) + \mu_0\, 0{,}077.4\ \delta_2.$$

Calculele arată că în medie permeanțele de umflări influențează în raportul de 1,5% asupra reluctanțelor miezurilor laterale și în raportul de 0,5% asupra reluctanței miezului central. Deci

$$\Lambda_{a1} \simeq 1{,}015\ \mu_0 \frac{S_1}{\delta_1} \quad \text{și} \quad \Lambda_{a2} \simeq 1{,}005\ \mu_0 \frac{S}{\delta_2}$$

$$R_a = \frac{\delta_1}{2{,}03\,\mu_0 S_1} + \frac{\delta_2}{1{,}005\,\mu_0 S} = \frac{1}{4\pi 10^{-7} S}\left(\frac{5 \cdot 10^{-5}\alpha}{2{,}03} + \right.$$

$$\left. + \frac{2.10^{-4}}{1{,}005}\right) = \frac{8}{S}(2{,}46\alpha + 19{,}95)$$

Reluctanța fierului

$$R_f = \Sigma \frac{lH}{\Phi} = \frac{1}{B \cdot S}\left[hH_2 + \left(h + a_3 + \frac{a}{\alpha} + \frac{a}{2}\right)H_1\right]$$

Reluctanța echivalentă

$$R_e = \frac{8{,}16}{S}(2{,}46\ \alpha + 19{,}95) +$$

$$+ \frac{1{,}96}{BS}\left[hH_2 + \left(h + a_3 + \frac{a}{\alpha} + \frac{a}{2}\right)H_1\right]$$

iar curentul magnetizant

$$I_\mu = \frac{\Phi R_e}{N\sqrt{2}}$$

Încălzirea maximă în interiorul bobinei este dată de expresia [4]:

$$\vartheta_{max} = \frac{R_b I_e^2}{2h_b}\left\{\frac{1}{K(a_2 + b_2 + 4_g)} + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{8\lambda_e}\left[1 - \frac{\ln(1+2\beta)}{2\beta(1+\beta)}\right]\right\}$$

unde

$$\beta = \frac{2g}{a_2 + b_2}$$

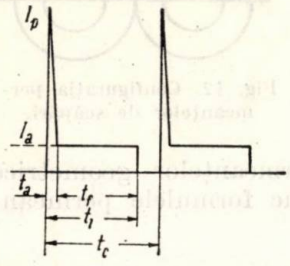


Fig. 13. Regimul intermitent de funcționare a electromagnetului.

Considerăm diferența de temperatură între exteriorul și interiorul bobinei egală cu 25% din supratemperatura exterioară. Rezistența bobinei

$$R_b = \frac{2\rho N(a_2 + b_2 + 2_g)}{s}$$

unde rezistența specifică a cuprului

$$\rho = 2{,}54 \cdot 10^{-8} \ (\Omega m)$$

pentru cupru la 120°C.

Curentul echivalent I_e este curentul de regim permanent care produce aceeași încălzire a bobinei ca și curenții de diferite valori care o traversează în timpul unui ciclu.

Electromagnetul lucrează în cazul cel mai general în regim intermitent definit prin:

— durata de acționare D_A;
— frecvența de conectare f_c;
— timpul de anclanșare t_a.

În fig. 13 este reprezentat regimul de funcționare în cazul general:

— durata ciclului $t_c = \frac{3\,600}{f_c}$;
— timpul de lucru $t_l = t_c \cdot D_A$;
— timpul de funcționare $t_f = t_l - t_a$;
— curentul de anclanșare (în poziția deschis) — I_p.

Curentul permanent echivalent din punct de vedere al încălzirii este dat de relația:

$$I_e^2 = \frac{\Sigma I^2 t}{t_c} = \frac{1}{t_1}\left(\int_0^{t_a} I^2\,dt + I_a^2 t_f\right)$$

Considerînd variația liniară, ecuația $I = f(t)$ în domeniul $0 < t < t_a$, este reprezentată printr-o dreptă care trece prin punctele $(0, I_p)$ și (t_a, I_a), adică:

$$I - I_p = -\frac{I_p - I_a}{t_a} t.$$

Rezultă

$$\int_0^{t_a} I^2\,dt = \frac{t_a}{3}(I_p^2 + I_p I_a + I_a^2)$$

și

$$I_e^2 = \frac{1}{t_c}\left[\frac{t_a}{3}(I_a^2 + I_p I_a + I_a^2) + I_a^2 t_f\right]$$

Admitem $I_e = 1{,}25\ I_\mu$ pentru a ține seamă de diferența între curentul total și curentul magnetizant și de creșterea încălzirii bobinei prin curenții de anclanșare la o frecvență de conectare de ordinul a 300 c/h. Coeficientul de transmisie totală a căldurii poate fi luat în aer

$K = 2{,}5$ W/m²°C, iar $\vartheta_{max} = 85$°C.

Notăm $\varepsilon = h_b/g$ și obținem astfel

$$85 = 1{,}25\,\frac{2 \cdot 2{,}54 \cdot 10^{-8}\ N\ (1{,}25\ I_\mu)^2}{2 \cdot 2{,}5\ s\ \varepsilon\ g} \cdot \frac{a_2 + b_2 + 2g}{a_2 + b_2 + 4g}$$

Aproximînd $\frac{a_2 + b_2 + 2g}{a_2 + b_2 + 4g} = 0{,}8$, găsim în sfîrșit

$$s = \frac{1{,}86}{10^{10}}\,\frac{N I_\mu^2}{\varepsilon g}$$

Cu aceste elemente se trece la calculul prețului de cost. Pentru comparabilitatea soluțiilor este suficient calculul consumului de material, adică prețul cuprului și al fierului.

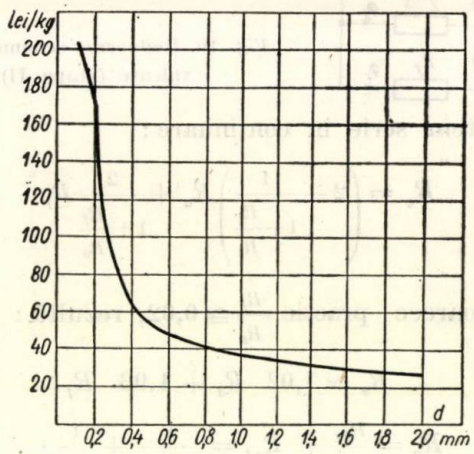


Fig. 14. Prețul sîrmei de cupru emailate.

Prețul cuprului (al sîrmei de cupru lăcuite) variază invers proporțional cu diametrul. Pentru continuitatea soluțiilor a fost trasată curba din fig. 14, care se încadrează destul de bine

în prețurile reale stabilite în țara noastră.

Prețul total

$$P_c = G_{Cu} \cdot P_{Cu} + G_{Fe} \cdot P_{Fe} = N2\,(a_2 + b_2 + 2g)\, s\gamma_{Cu} P_{Cu} + (a + 2a_1 + 2_{a3})\,(2h + 2a_1) b\gamma_{Fe} P_{Fe} =$$

$$= 17{,}8\ 10^3\, N\ (a + a\nu + 2g + 14.\ 10^{-3})\, s P_{Cu} +$$

$$+ 7{,}5.10^3 \left(a + \frac{2a}{\alpha} + 2g + 8.10^{-3}\right)\left(\varepsilon g + 2\frac{a}{\alpha} + 6.10^{-3}\right) a\nu\, P_{Fe}$$

unde s-a luat $a_2 = a + 6.10^{-3}$

$$b_2 = b + 8 \cdot 10^{-3} = a\nu + 8 \cdot 10^{-3}$$

$$a_3 = g + 4 \cdot 10^{-3}$$

$$2h = h_b + 6 \cdot 10^{-3} = \varepsilon g + 6 \cdot 10^{-3}$$

În sfîrșit, introducînd și factorul de umplere

$$f_u = \frac{N s}{g h_b} = \frac{N s}{g^2 \varepsilon}$$

se poate trece la transformarea relațiilor de mai sus, astfel încît să cuprindă o singură variabilă.

Pentru a limita domeniul de cercetare se ia în considerație o singură valoare pentru forța medie, și anume $F_m = 1\,000$ N.

Căutăm să reducem toate relațiile stabilite anterior la parametrii B, ν, α, ε și variabila g

$$S = a \cdot b = a^2 \nu = \frac{8.4\pi 10^{-7} 10^3}{B^2 (\alpha + 2)} \simeq \frac{10^{-2}}{B^2 (\alpha + 2)}$$

de unde

$$a = \frac{0{,}1}{B\sqrt{\nu (\alpha + 2)}}$$

Pentru $U = 380$ V, $N = \frac{380}{222\ BS} = 171\ B\ (\alpha + 2)$

$$R_e = 816\ B^2\ (\alpha + 2)\ (2{,}46\,\alpha + 19{,}95) +$$

$$+ 196\, B\, (\alpha + 2 \left[\left(\frac{\varepsilon g}{2} + 3.10^{-3}\right) H_2 + \left(\frac{\varepsilon + 2}{2} g + 7.10^{-3} + \frac{0{,}1}{2B\alpha}\sqrt{\frac{\alpha + 2}{\nu}}\right) H_1\right]$$

unde

$$H_2 = f\left(\frac{B}{K_s}\right) \text{ și } H_1 = f\left(\frac{B_1}{K_s} = \frac{B\alpha}{2K_s}\right)$$

$$I_\mu = \frac{B S R_e}{N\sqrt{2}} = \frac{4{,}14.10^{-5} R_e}{B^2 (\alpha + 2)^2}$$

$$s = \frac{g^2 \varepsilon f_u}{N}; \text{ Cu, } f_u = 0{,}55,\ g \simeq \frac{7}{10^4}\left(\frac{N I_\mu}{\varepsilon}\right)^{2/3}.$$

Introducînd valoarea reluctanței echivalente în expresia lui I_μ, se obține o ecuație de forma $I_\mu = C + A I_\mu^{2/3}$, unde:

$$A = 8{,}7.10^{-5} \frac{\varepsilon H_2 + (\varepsilon + 2) H_1}{\sqrt[3]{\varepsilon^2 B (\alpha + 2)}}$$

$$C = \left(8{,}3 + \frac{50{,}7}{\alpha + 2}\right) 10^{-2} + \frac{0{,}81.10^{-2}}{B(\alpha + 2)} \left[3 \cdot 10^{-3} H_2 + \left(7 + \frac{50}{\alpha B}\sqrt{\frac{\alpha + 2}{\nu}}\right) 10^{-3} H_1\right]$$

Prin schimbarea de variabilă $I_\mu = x^3$, se obține ecuația $x^3 - Ax^2 - C = 0$, prin rezolvarea căreia se determină valoarea curentului magnetizant.

Grosimea bobinei rezultă, odată cunoscută valoarea curentului magnetizant, din relația:

$$g = 2{,}15 \cdot 10^{-2} \left[\frac{B(\alpha + 2)}{\varepsilon} I_\mu\right]^{2/3}$$

Și în sfîrșit, prețul materialelor rezultă din relația:

$$P_c = 9\,800 \varepsilon g^2 \left[\frac{0{,}1\ (\nu + 1)}{B\sqrt{\nu(\alpha + 2)}} + 2g + 14.10^{-3}\right] P_{Cu} +$$

$$+ \frac{750}{B}\sqrt{\frac{\nu}{\alpha + 2}} \left[\frac{0{,}1}{\alpha B}\sqrt{\frac{\alpha + 2}{\nu}} + 2g + 8.10^{-3}\right] \left[\varepsilon \cdot g + \frac{0{,}2}{\alpha B\sqrt{\nu(\alpha + 2)}} + 6 \cdot 10^{-3}\right] P_{Fe}$$

unde prețul specific al cuprului este funcție de diametrul

$$d = \sqrt{\frac{4s}{\pi}} = 6{,}4 \cdot 10^{-2} g \sqrt{\frac{\varepsilon}{B(\alpha + 2)}}$$

În continuare, după primele tatonări care au fixat domeniul de cercetare, s-a întocmit o tabelă de calcul cu următoarele date:

B cu valorile	1 — 1,1 — 1,2 — 1,3
α cu valorile	1,5 — 1,6 — 1,7
ν cu valorile	1,1 — 1,2
ε cu valorile	5 — 6 — 7

$$B_f = \frac{B}{K_s} = \frac{B}{0{,}95}$$

$H_2 = f(B_f)$ din curba de magnetizare (fig 15)

$$B_{1f} = \frac{B\alpha}{2K_s} = \frac{B\alpha}{1{,}9}$$

$H_1 = f(B_{1f})$ din curba de magnetizare

$$A = 8{,}7 \cdot 10^{-5} \frac{\varepsilon \cdot H_2 + (\varepsilon + 2) H_1}{\sqrt[3]{\varepsilon^2 B (\alpha + 2)}}$$

$$C = \left(8{,}3 + \frac{50{,}7}{\alpha + 2}\right) 10^{-2} + \frac{0{,}81 \cdot 10^{-2}}{B(\alpha + 2)} \left[3 \cdot 10^{-3} H_2 + \right.$$

$$\left. + \left(7 + \frac{50}{\alpha B} \sqrt{\frac{\alpha + 2}{\nu}}\right) 10^{-3} H_1\right]$$

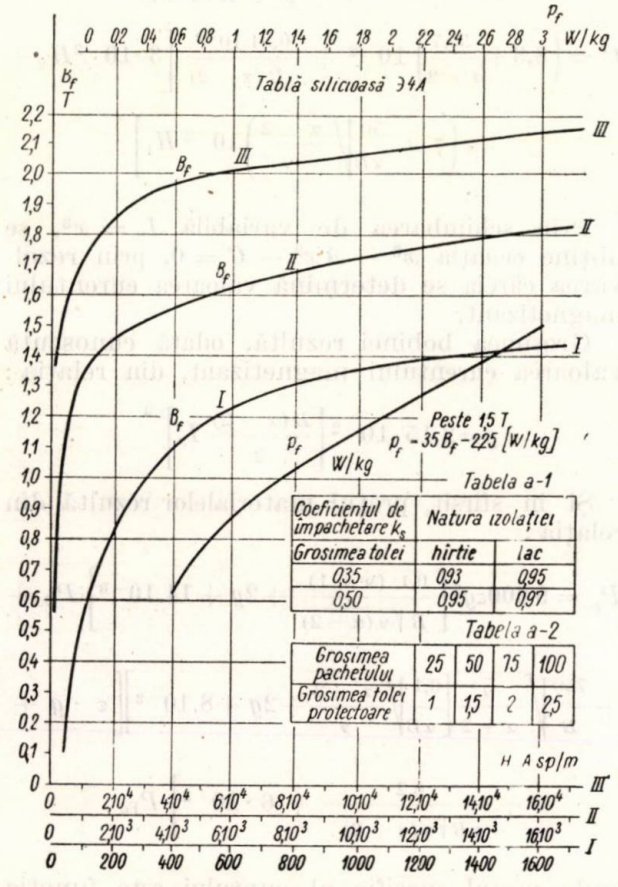


Fig. 15 Curba de magnetizare.

x rezultă din ecuația $x^3 - Ax^2 - C = 0$

$$I_\mu = x^3$$

$$g = 2{,}15 \cdot 10^{-2} \left[\frac{B(\alpha + 2)}{\varepsilon} I_\mu\right]^{2/3}$$

$$d = 6{,}4 \cdot 10^{-2} g \sqrt{\frac{\varepsilon}{B(\alpha + 2)}}$$

$P_{Cu} = f(d)$ din curba din fig. 14.

$$G_{Cu} = 9\,800\, \varepsilon g^2 \left[\frac{0{,}1\ (\nu + 1)}{B\sqrt{(\alpha + 2)\nu}} + 2\ g + 14 \cdot 10^{-3}\right]$$

$$G_{Fe} = \frac{750}{B} \sqrt{\frac{\nu}{\alpha + 2}} \left[\frac{0{,}1}{\alpha B} \sqrt{\frac{\alpha + 2}{\nu}} + 2g + \right.$$

$$\left. + 8 \cdot 10^{-3}\right] \left[\varepsilon \cdot g + \frac{0{,}2}{\alpha B \sqrt{\nu(\alpha + 2)}} + 6 \cdot 10^{-3}\right]$$

$$P_e = G_{Cu} \cdot P_{Cu} + G_{Fe} \cdot P_{Fe} = G_{Cu} \cdot P_{Cu} + 5{,}20\ G_{Fe}$$

Concluziile calculelor făcute se pot concretiza în cîteva curbe caracteristice. Considerînd ceilalți parametri constanți, variația prețului în funcție de B rezultă din fig. 16.

Se vede că inducția optimă este în jurul valorii de 1,2 T și că influența inducției asupra prețului de cost este hotărîtoare.

În ceea ce privește variația prețului de cost cu parametrul $\alpha = \frac{S}{S_1}$, se observă că acesta are o influență destul de redusă. Pentru valori ale inducției de 1,2T și mai mici, se poate merge cu α pînă la 2, cu rezultate favorabile. La inducții mai mari este bine să se limiteze valoarea lui α la 1,6—1,7. În contradicție cu recomandările curente la un moment dat, ca dimensiunile a și b să fie egale adică $\nu = 1$, se observă din calcule că la valoarea $\nu = 1{,}2$ se obțin întotdeauna rezultate mai bune.

În sfîrșit, cu parametrul $\varepsilon = \frac{h}{g}$ rezultă din calcul că este bine să mergem la valori cît de mari; se obține un minim de-abia la $\varepsilon = 9 - 10$, valori în general imposibil de aplicat practic. Dat fiind însă că odată cu creșterea valorii acestui parametru cresc scăpările de flux, ceea ce nu a putut fi evidențiat în formulele aproximative utilizate, considerăm recomandabil să nu se depășească $\varepsilon = 6 - 7$.

În concluzie, rezultă că valorile optime ale parametrilor considerați ar fi, la prețurile actuale ale cuprului și fierului în țara noastră, următoarele:

$$B = 1{,}2\ \text{T};\quad \alpha = 2;\quad \nu = 1{,}2;\quad \varepsilon = 7.$$

Un electromagnet cu $F_m = 1\,000$ N și cu aceste valori ale parametrilor considerați, are forma din fig. 17. Este remarcabil că secțiunea din vederea principală rezultă aproape riguros pătrată, fără ca acest lucru să fi fost urmărit.

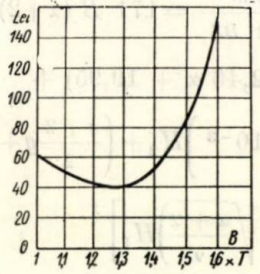


Fig. 16. Variația prețului de cost în funcție de inducție.

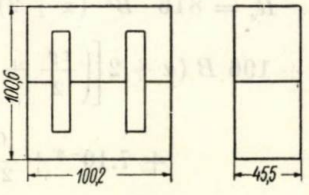


Fig. 17. Dimensiunile electromagnetului optim.

În comparație cu acesta este reprezentat în fig. 18 un electromagnet calculat cu următoarele valori ale parametrilor considerați:

$$B = 1{,}5\text{T};\quad \alpha = 1{,}5;\quad \nu = 1{,}1;\quad \varepsilon = 3$$

valori mai uzuale atît în construcțiile din țară cît și în cele străine. Rezultă un electromagnet

cu o formă mai apropiată de cele cu care sîntem obişnuiţi, însă dimensiunile de gabarit sînt mai mari, iar preţul de cost este de peste două ori mai mare. Aceasta deschide perspectiva unor economii importante, de ordinul a 400 000 lei, prin reproiectarea electromagneţilor din fabricaţia actuală.

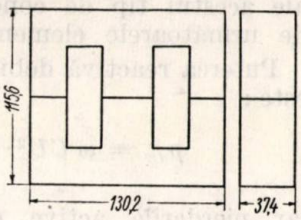


Fig. 18. Dimensiunile electromagnetului uzual.

Cercetările făcute asupra unor electromagneţi mai mici, cum şi asupra unor alte tipuri de electromagneţi, au dovedit că inducţia optimă trebuie căutată în orice caz între 1,1 şi 1,3 T. Valorile mari ale inducţiei la care se lucrează în mod uzual sînt neeconomice şi nici măcar nu duc la dimensiuni de gabarit mai reduse.

Bibliografie

[1] *Roters*: Mecanisme electromagnetice. Gosenergoizdat, Moscova, 1949.
[2] *Zaharov, Pekker*: Metodă simplificată pentru calculul sistemelor electromagnetice cu cursă dreaptă în curent alternativ. Vestn. Elektroprom. **20** (1949) 4.
[3] *Babikov M. A.*: Aparate electrice. E.E.S., Bucureşti, 1953.
[4] *Steinberg C., Rădulescu V., Cosmin Gh.*: Teoria şi proiectarea aparatelor electrice. M.I.C., Bucureşti, 1957.
[5] *Kussy W.*: Elektrische Niederspannungsschaltgeräte. H. Cram, Berlin, 1950.
[6] *Jung A.*: Calcul des électroaimants industriels. Dunod, Paris, 1958.
[7] *Kussy F. W.*: Berechnung der Abmessungen des Kurzschlussringes bei Einphasenmagneten. ETZ **72** (1951) 17, 513–517.
[8] *Kübler E.*: Berechnung des Dämpferringes von Wechselstrommagneten ETZ – A **74** (1953) 19, 558–560.
[9] *Ţugulea A.*: Consideraţii asupra calculului circuitelor magnetice cu fier. Electrotehnica **1** (1953) 8, 9–13.

Intrat în redacţie la 28 iulie 1960.

Condensatoare pentru instalaţii de tratamente termice la 8000 Hz

Adrian Bercu şi **Elena Podani*** – Bucureşti

REFORDITA 1918761

Tratamentele termice superficiale ale pieselor metalice se execută în condiţii de supraveghere exactă a temperaturii şi a duratei de încălzire cu precădere pe calea încălziri prin inducţie. In schema instalaţiilor respective care în prezent se execută în întregime în ţară se prevăd condensatoare care la frecvenţa medie de 8 000Hz compensează inductanţele bobinelor din circuit. Construcţia acestor condensatoare, cere o atenţie deosebită, avînd în vedere pierderile dielectrice mai mari. In lucrare se prezintă rezultatele de cercetare şi un nou tip de condensator realizat la I.C.E.T.

CZ 621.319.4.029.45:621.365.5

1. Generalităţi

În ultima vreme a luat extindere folosirea instalaţiilor termice lucrînd la frecvenţe medii (de la 1 000–8 000 Hz) şi anume: cuptoare pentru topirea metalelor, instalaţii de călire superficială etc. Cum aceste instalaţii lucrează cu un factor de putere foarte redus, s-a pus problema îmbunătăţirii lui prin montarea unor condensatoare speciale.

Regimul de lucru al acestor condensatoare este mai greu decît al condensatoarelor pentru frecvenţe industriale datorită necesităţii disipării unei cantităţi mult mai mari de căldură pe unitatea de suprafaţă. Această cauză se datoreşte creşterii puterii reactive în funcţie de frecvenţă pe unitatea de volum şi deci şi a pierderilor dielectrice ale condensatoarelor.

Ţinînd seamă de aceste considerente, condensatoarele amintite sînt calculate la o intensitate a cîmpului electric de lucru mult redusă şi înzestrate cu un sistem de răcire artificială.

2. Stadiul actual în tehnica mondială

Astăzi se folosesc două tipuri bine precizate şi anume:

2.1. Condensatoare cu dielectricul hîrtie-ulei şi cu sistem de răcire artificială. Industria sovietică [1] fabrică astfel de condensatoare pentru următoarea gamă de frecvenţe, puteri şi tensiuni:

Tabela 1

1 Puterea nominală kVAr	2 Tensiunea nominală V	3 Frecvenţa nominală Hz	4 Capacitatea μF	5 G kg	6 Volumul dm³	7 kVAr/dm³
100	750/1500	1000	4.7,12	26	15	6,65
125	750/1500	2500	4.3,55	26	15	8,35
125	375/750	2500	4.14,2	26	15	8,35
150	375/750	8000	4.5,32	26	15	10,0
125	500/1000	2500	4.8,0	26	15	8,35
175	500/1000	8000	4.3,5	26	15	11,3
80	500/1000	1000	4.12,75	27	15	5,35
80	2000	1000	2.1,63	27	15	5,35

* ing. *A. Bercu* este şef de laborator la Institutul de Cercetări Electrotehnice.
ing. *E. Podani* este cercetător la Institutul de Cercetări Electrotehnice.

Pentru asigurarea sistemului de răcire, în prima variantă se folosea construcția cu pereți dubli metalici pentru circulația apei la presiunea rețelei de alimentare.

În noua variantă, circulația apei se efectuează printr-o serpentină metalică lipită direct de una din armăturile condensatorului.

2.2. Condensatoare cu dielectricul format din folii sintetice pe bază de polistirol, stiroflex etc. Inițial, încercările de a înlocui hîrtia cu aceste folii nu au dat cele mai bune rezultate din următoarele motive:

a) nu se puteau realiza folii din stiroflex cu grosimi mai mici de 15 μ, spre deosebire de hîrtia specială de condensator trasă pînă la 7 μ;

b) stiroflexul neimpregnat avea o constantă dielectrică scăzută, respectiv $\varepsilon_s = 2{,}2$ față de cea a hîrtiei impregnate în uleiuri minerale și anume $\varepsilon_h = 3{,}5-4{,}3$;

c) intensitatea cîmpului electric de străpungere a acestor folii nu depășea 25 kV/mm și în fine;

d) costul mult mai ridicat.

Astăzi, o parte din aceste neajunsuri au fost rezolvate și anume se pot impregna foliile din stiroflex în uleiuri minerale naftenice care au fost în prealabil special tratate, obținîndu-se o constantă dielectrică ridicată. Este de menționat că această tratare este foarte costisitoare și una din cauzele costului relativ ridicat al condensatoarelor cu stiroflex. Totodată, datorită omogenizării foliilor din stiroflex, gradientul de străpungere atinge valori de circa. 200—250 kV/mm.

Este interesant de arătat, evoluția indicilor tehnico-economici ai acestor condensatoare (tabela 2).

Tabela 2

Fabricant	F.1	F.2	F.3	F.4	GERA
Dielectricul	Hîrtie-ulei	Stiroflex	Stiroflex-ulei	Stiroflex	Stiroflex-ulei
Puterea (kVAr)	40	314,0	9,5	300	57
Volum (dm³)	10,5	57,0	5,0	171	3,6
Greutatea (*G*)	18	20,0	15,0	—	7,5
Prețul (Dm)	—	6000,0	400,0	—	120,0
kVAr/dm³	4	5,5	1,9	1,75	16,0
Dm/kVAr	—	19,0	42,0	—	2,10
kg/kVAr	0,75	0,064	1,16	—	0,13
Răcirea	proprie	proprie	proprie	proprie	proprie

După cum se vede din tabela 2, toate tipurile de condensatoare cu stiroflex au răcire proprie.

Trebuie arătat totuși, că în domeniul frecvențelor medii pînă la 8 kHz, prioritate au condensatoarele cu hîrtie-ulei, datorită mai ales stabilității termice ridicate în timp.

3. Considerente de proiectare ale tipului de condensator ICET

Pentru stabilirea condițiilor speciale de lucru ale acestui tip de condensator, ținem seama de următoarele elemente:

Puterea reactivă debitată de un condensator este:

$$p_{dw} = \omega\, CU^2 \cdot 10^{-3} \quad \text{kVAr}, \qquad (1)$$

iar pierderile active din condensator sînt:

$$p_w = \omega C U^2 \operatorname{tg} \delta . 10^{-3} \quad \text{kW} \qquad (2)$$

unde:

C este capacitatea condensatorului, în μF;
$\omega = 2\pi f$ — pulsația, în rad/s;
U — tensiunea aplicată la bornele condensatorului, în kV;
$\operatorname{tg} \delta = \frac{p_w}{p_{dw}}$ — tangenta unghiului de pierderi al condensatorului.

Expresia capacității unui condensator plan este:

$$C = \frac{\varepsilon S}{d} \qquad (3)$$

și atunci relația (2) devine:

$$p_w = \omega \frac{\varepsilon S}{d}\, U^2 \operatorname{tg}\delta = \omega \varepsilon \left(\frac{U}{d}\right)^2 \operatorname{tg}\, \delta \cdot V, \quad (4)$$

unde V este volumul dintre armăturile condensatorului și dacă notăm $\left(\frac{U}{d}\right) = E$ (intensitatea cîmpului electric de lucru în kV/mm) obținem:

$$p_w = \omega \varepsilon E^2 \operatorname{tg}\, \delta \cdot V. \qquad (4')$$

Aceste pierderi transformate în căldură, trebuie evacuate în exterior prin intermediul suprafeței de răcire (A), folosind diferența

dintre temperatura din interior (θ_i) şi temperatura din exterior θ_e şi cu un mod de transmisie a căldurii, caracterizat prin factorul (K).

Vom avea astfel:

$$p_w = K(\theta_i - \theta_e)\ A \qquad (5)$$

Ecuaţiile (4) şi (5), dau relaţia:

$$E^2(\varepsilon \operatorname{tg} \delta)\ \omega\ V = K(\theta_i - \theta_e)\ A. \qquad (6)$$

Această relaţie caracterizează echilibrul termic din condensator.

Dacă analizăm factorii care determină producerea căldurii în condensator observăm:

Creşterea căldurii variază cu patratul intensităţii cîmpului electric de lucru şi de aceea l-am ales mai redus, respectiv $E = 5{,}2$ kV/mm. ε şi tg δ sînt în funcţie numai de calitatea dielectricului folosit, respectiv hîrtia şi uleiul şi de gradul de deshidratare şi degazare al condensatorului. Întrucît asupra calităţii hîrtiei nu se poate influenţa, accentul s-a pus asupra tratării uleiului, pentru obţinerea unei valori a tg δ cît mai scăzute. Cum frecvenţa este impusă, singurul factor variabil mai este volumul. Din cauza aceasta am plecat de la premisa folosirii unor dimensiuni relativ mici ale condensatorului, care în nici un caz să nu formeze un volum mai mare de 20 dm^3. Fireşte că această dimensionare este legată de puterea pe unitate.

Cît priveşte termenul din dreapta al relaţiei (6) care caracterizează eliminarea căldurii, observăm că temperaturile interioare şi exterioare, respectiv θ_i şi θ_e practic nu pot fi variate, întrucît θ_e este limitat la + 35°C de norme iar θ_i la 80°C de durata de viaţă a condensatorului.

Pentru mărirea coeficientului de transmitere a căldurii, am adoptat soluţia răcirii artificiale cu apă printr-o serpentină de aramă sudată direct pe una din armături.

Suprafaţa principală de răcire corespunde peretelui cuvei care atinge serpentina şi din cauza aceasta au fost dimensionate bobinele şi respectiv cuva la o formă paralelipipedică, cu un raport al pereţilor de 3/1.

4. Elemente constructive şi tehnologice

4.1. Elemente constructive. S-a ţinut seama de următoarele considerente:

a) pentru asigurarea răcirii artificiale prin serpentina interioară este necesară gruparea secţiilor într-un pachet presat de formă paralelipipedică ale cărui laturi să fie astfel dispuse, încît să se obţină pe faţeta corespunzătoare armăturilor, suprafaţa cea mai mare;

b) dat fiind pierderile mari (circa 1 000 W), disiparea lor trebuie să se facă direct de la armături la serpentină şi nu prin intermediul uleiului mineral, (a cărui conductibilitate termică este mai redusă), s-a ajuns la necesitatea realizării bobinajelor de tip plat.

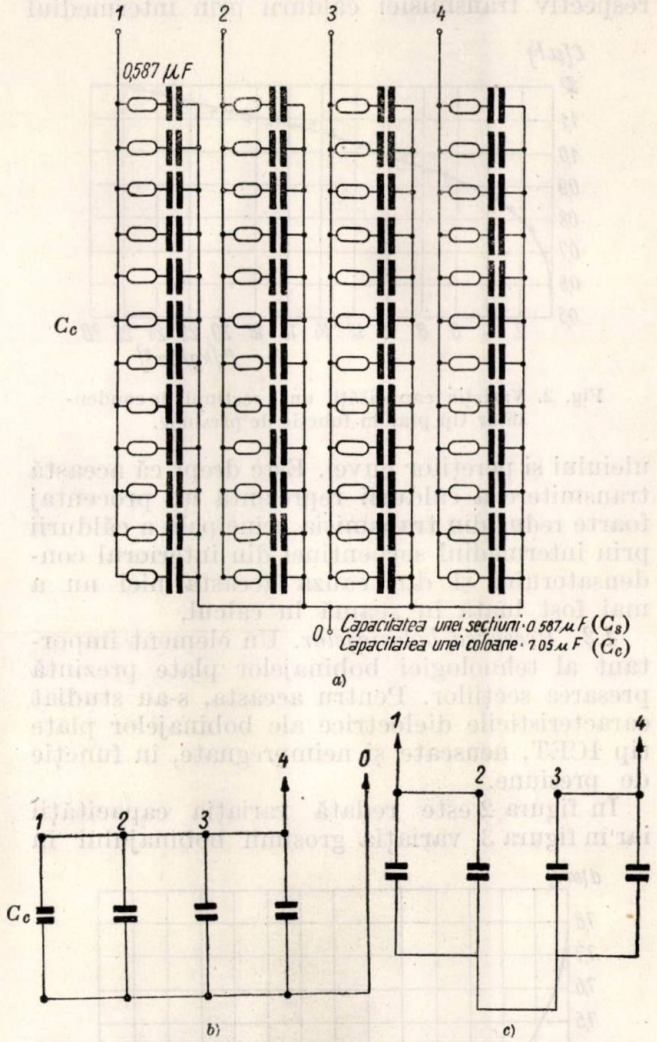


Fig. 1. Schema de conexiuni a condensatorului de 8 000 Hz, pentru tensiunile 375/750 V.

1*a* — Schema de conexiuni interioare a condensatorului de 8 000 Hz, 375/750 V; 1 *b* — schema de conexiuni exterioare pentru conectare la tensiunea de 375 V; 1 *c* — Schema de conexiuni exterioare pentru conectarea la tensiunea de 750 V.

Întrucît condensatorul lucrează la o frecvenţă ridicată, (8 000 Hz) s-a pus problema limitării pe cît posibil a inductanţei proprii. Pentru aceasta, au fost realizate bobinaje de tip neinductiv, prin scurtcircuitarea spirelor fiecărei armături în parte prin intermediul bridelor presate, obţinîndu-se în acelaşi timp şi un contact uniform.

Bobinajele, în număr total de 48 au fost grupate în cîte 4 coloane, formate fiecare din cîte 12 secţiuni legate între ele în paralel. Cele 4 coloane pot fi montate toate în paralel pentru tensiunea 375 V sau două cîte două înseriate, pentru tensiunea de 750 V (conform fig. 1).

Pentru limitarea efectelor scurtcircuitării unei bobine asupra întregului condensator,

fiecare secție a fost prevăzută cu cîte o siguranță fuzibilă în ulei [6].

Cuva a fost executată din tablă de alamă (aceasta pentru intensificarea răcirii naturale), respectiv transmisiei căldurii prin intermediul

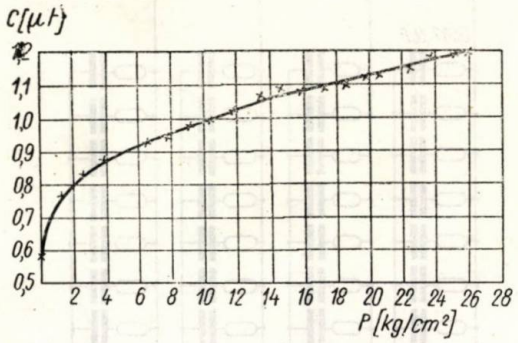


Fig. 2. Variația capacității unei secțiuni de condensator tip plat în funcție de presiune.

uleiului și pereților cuvei. Este drept că această transmitere a căldurii reprezintă un procentaj foarte redus din transmisia principală a căldurii prin intermediul serpentinei din interiorul condensatorului și din cauza aceasta nici nu a mai fost luată în seamă în calcul.

4.2. Presarea bobinajelor. Un element important al tehnologiei bobinajelor plate prezintă presarea secțiilor. Pentru aceasta, s-au studiat caracteristicile dielectrice ale bobinajelor plate tip ICET, neuscate și neimpregnate, în funcție de presiune.

În figura 2 este redată variația capacității iar în figura 3 variația grosimii bobinajului în

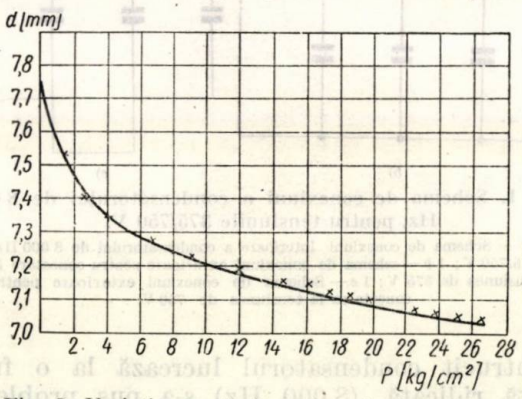


Fig. 3. Variația grosimii unei secțiuni de condensator în funcție de presiune.

funcție de presiune. Din aceste curbe se vede dependența valorii constantei dielectrice a compusului celuloză-aer, adică a hîrtiei, în funcție de presiune. Aceasta se explică prin dependența valorii lui $\varepsilon_{hîrtie}$ în funcție de variația raportului volumetric a celulozei și aerului din hîrtie, cauzată la rîndul ei de gradul de presare a hîrtiei. Cum pe de o parte raportul $\frac{\varepsilon_{celuloză}}{\varepsilon_{aer}} \sim 6$, și pe de altă parte la hîrtia de condensator cu grosimea de 12 μ (în stare nepresată), proporția volumetrică de aer este de circa 30 %, se înțelege că prin presarea hîrtiei proporția volumetrică va scădea în mod continuu pînă la o valoare limită, ducînd la creșterea lui $\varepsilon_{hîrtie}$.

Pe de altă parte, rezistența izolației al aceluiași dielectric compus scade în funcție de presiune, după cum se vede în figura 4. Aceste rezultate împreună cu cele corespunzătoare dielectricului compus hîrtie-ulei mineral, au folosit la proiectarea și stabilirea tehnologiei condensatorului.

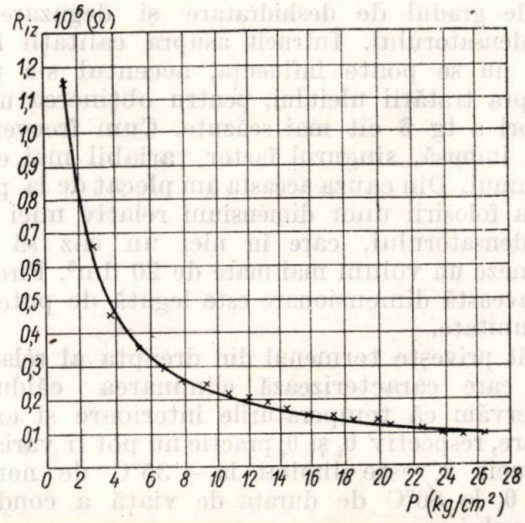


Fig. 4. Variația rezistenței izolației a unei secțiuni de condensator în funcție de presiune.

5. Încercările electrice ale condensatorului

S-au efectuat după normele C.E.I. (Specifications pour condensateurs de puissance pour des frequences entre 100 et 20 000 Hz) [5].

5.1. Măsurarea capacității și a pierderilor dielectrice (*tg* δ), s-a făcut la o punte de precizie tip RLC, la frecvențele de 80 și 800 Hz, obținîndu-se rezultatele din tabela 3.

Examinînd rezultatele, observăm că în gama de frecvențe 80—800 Hz, creșterea tg δ este în cadrul aceluiași ordin de mărime, (10^{-3})

Tabela 3

1 Nr. tipului	2 Capacitatea μ F		3 tg δ		4 Puterea (din calcul) kVAr		5 $\frac{P}{P_{calcul}} \cdot 100$	
	80 Hz	800 Hz	80 Hz	800 Hz	80 Hz	800 Hz	80 Hz	800 Hz
1	28,2	28,665	$2{,}9.10^{-3}$	$5{,}5.10^{-3}$	200	203	0	+1,5
2	29,8	30,02	$2{,}8.10^{-3}$	$5{,}4.10^{-3}$	210	212	+5	+6

și după date din literatură [2], probabil că și pînă la 8 000 Hz, valoarea tg δ nu va ieși din acest ordin de mărime.

5.2. Încercarea dielectrică a izolației, e posibilă a fi efectuată prin două metode și anume:

Tabela 4

Felul tensiunii	Tens. nom. (V)	Tensiunea de încercare U_i (V)	Timpul minim de încercare s
Continuă	375	4,3 U_n = 4,3 ·375 = 810	10
Alternativă	375	2,15 U_n = 2,15·375 = 405	10

A fost aleasă metoda încercării în curent alternativ. Întrucît cele 4 grupe de secțiuni ale condensatorului sînt toate legate între cîte o bornă și cuvă, tensiunea de încercare a fost exercitată asupra fiecărei borne față de cuvă.

5.3. Determinarea tensiunii de ionizare. În funcție de tehnologia deshidratării și impregnării sub vid a condensatorului, dielectricul hîrtieulei mai poate prezenta incluziuni de aer, a căror desime și dimensiuni determină tensiunea de început a fenomenului de ionizare.

Această determinare este foarte importantă, întrucît ne indică în fiecare moment starea izolației și mai ales tensiunea de lucru optimă.

Pentru un condensator judicios construit se cere ca:

$$U_{\text{lucru}} < U_{\text{ionizare}} \qquad (7)$$

Determinarea tensiunii se poate face în două moduri.

1. Prin variația tangentei unghiului de pierderi în funcție de tensiune. Din literatură [4] reiese că la tensiunea corespunzătoare începutului ionizării, tg δ prezintă o creștere bruscă și deci precizia determinării U_{ionizare} este în funcție de sensibilitatea punții de măsură.

2. Prin detectarea curenților de înaltă frecvență care însoțesc fenomenele de ionizare [9]. Această metodă este mai precisă, datorită amplificării acestor curenți. Instalația realizată în cadrul ICET se compune din* (fig. 5):

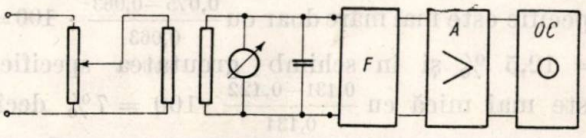


Fig. 5. Schema dispozitivului pentru determinarea tensiunii de ionizare la condensatoarele de forță.

a) sursa de energie cu reglajul tensiunii și puterii reactive necesare (S);

b) circuitul de filtraj al curenților de înaltă frecvență cu banda de trecere de 20 kHz (F);

c) un amplificator cu un factor de amplificare de circa 5 000 (A);

d) un voltmetru electronic pentru măsurarea valorii medii a impulsurilor amplificate (VE);

e) un oscilograf catodic EO 6 (OC);

f) condensatorul încercat (C_x).

Încercările efectuate prin metoda detectării curenților de înaltă frecvență asupra pachetelor de bobinaje au dat valorile din tabela 5.

Tabela 5

Pachetul nr.	Tensiunea de ionizare, V
1	1 150
2	1 450
3	1 500
4	1 500
Tensiune medie	1 400

Raportînd la grosimea dielectricului, respectiv 0,066 mm, determinăm un gradient mediu de ionizare $E_{\text{ionizare}} = \frac{1{,}4}{0{,}066} = 21{,}66$ kV/mm.

Ținînd seama că aceste încercări au fost făcute la frecvența de 50 Hz, iar condensatorul va lucra sub o frecvență de 8 000 Hz, ajungem la următoarele concluzii: gradientul de lucru, respectiv 5,2 kV/mm este judicios ales și tehnologia inpregnării este corect realizată [8].

5.4. Măsurarea rezistenței izolației și a constantei de timp. S-a efectuat prin măsurarea curentului de conductibilitate sub o tensiune continuă de 80 V. Normele prevăd determinarea R_{iz} după aplicarea timp de un minut a unei tensiuni continue. Această măsurătoare este convențională și nu reprezintă valoarea

Tabela 6

Timpul (min)	Cap. (μF)	Rezistența izolației (MΩ)	Constanța de timp (s)
1	28,6	400	11 500
5	28,6	470	13 500
10	28,6	550	15 700
15	28,6	590	17 000
20	28,6	630	18 000
25	28,6	660	18 900
30	28,6	690	19 500
60	28,6	710	20 400

reală a rezistenței izolației și de aceea s-au efectuat măsurători pentru perioade pînă la 60 min, conform tabelei 6.

*) Instalația a fost proiectată de către Ing. *Vladimir Cleja*, cercetător principal la ICET.

La condensatoarele cu capacități mai mari de 1 μF, starea izolației este mai just determinată prin valoarea constantei de timp τ, care este produsul

$$\tau = R_{iz} \cdot C \qquad (8)$$

și se exprimă în secunde, în cazul cînd R_{iz} este dat în Ω, iar C în F, sau R_{iz} în MΩ, iar C în μF.

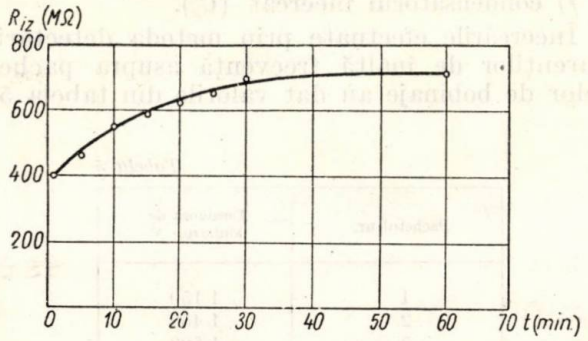


Fig. 6. Variația rezistenței izolației a condensatorului de 8 000 Hz în funcție de timpul de măsurare.

După date din literatură [2], la condensatoarele bine impregnate, τ variază între 8 000 — —10 000 s (la o măsurătoare a R_{iz} după 1 min). Din tabela 6 se vede că R_{iz} a condensatorului nostru (după 1 min) are valoare ridicată, respectiv 11 500 MΩ.

5.5. Încercări în exploatare. Tipul nr. 2 a fost supus probelor de sarcină la o mașină universală de călit prin CIF la uzinele „Tractorul" Orașul Stalin. Regimul de lucru a fost următorul : Funcționare intermitentă circa. 6 —10s sub tensiune și 10 —20 s repaus.

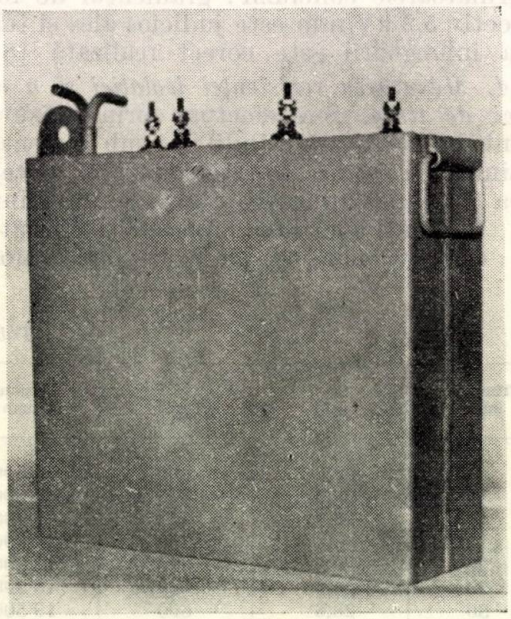


Fig. 7. Fotografia condensatorului de 8 000 Hz.

Tensiunile au fost cuprinse — în funcție de regimul de călire al pieselor — între 600 —775 V.

După un an de exploatare au fost din nou măsurate caracteristicile dielectrice, obținîndu-se rezultatele din tabela 7.

Tabela 7

Frecvența măsurătorii Hz	Capacitatea înainte de exploat. μF	Capacitatea după exploat. μF	Capacitatea Variația %	tg δ înainte de exploatare	tg δ după exploatare	tg δ Variația %
80	29,8	29,83	1,0	$2{,}8 \cdot 10^{-3}$	$2{,}83 \cdot 10^{-3}$	2,2
800	30,02	30,06	1,3	$5{,}4 \cdot 10^{-3}$	$5{,}5 \cdot 10^{-3}$	2,4

Rezultatele de mai sus arată că ne aflăm în limitele acceptabile și deci condensatorul a dat bune rezultate.

6. Compararea indicilor tehnico-economici

Comparația principalilor indici tehnico-economici ai tipului ICET avînd dielectric hîrtie-ulei cu tipul GERA—RDG, folosind folii din stiroflex este arătată în tabela 8.

Tabela 8

Caracteristici		Tipul ICET hîrtie-ulei 1958	Tipul GERA-RDG st roflex-ulei 1958
Capacitatea	μ F	28,2	8,1
Frecvența	Hz	8000	8000
Tensiunea	V	375/750	375/750
Puterea	kVAr	200	57
Greutatea	kg	24,5	7,5
Gr. spec.	kg/kVAr	0,122	0,131
Volum	dm^3	13,5	3,6
Volum spec.	dm^3/kVAr	0,075	0,063

Din tabela de mai sus reiese că indicii tehnico-economici ai tipului de condensator ICET sînt la nivel mondial, în sensul că volumul specific este mai mare doar cu $\frac{0{,}075-0{,}063}{0{,}063} \cdot 100 =$ $= 12{,}5$ % și în schimb greutatea specifică este mai mică cu $\frac{0{,}131-0{,}122}{0{,}131} \cdot 100 = 7\%$ decît a condensatorului de construcție modernă, GERA-RDG, (cu folii din stiroflex).

Cum introducerea instalațiilor de tratamente termice prin curenți de medie frecvență ia o extindere tot mai mare în industria constructoare de mașini, este justificată utilizarea tipului de condensator mai sus menționat.

Prin colaborarea creatoare cu colectivul de specialiști al Fabricii de Cabluri și Materiale Electroizolante (FCME), se va pune la punct tehnologia fabricației de serie a acestui nou produs.

Bibliografie

[1] * * *: Cataloage de condensatoare pentru cuptoare de inducție, nr. 2620. Mașinexport, Moscova, 1958.
[2] *Renne V. T.*: Electriceskie Condensatori, (ediția a II-a) Gosenergoizdat, Moscova, 1959.
[3] *Waldbach H.*: Tendințe de dezvoltare în construcția condensatoarelor de medie frecvență. Deutsche Electrotechnick, **11** (1957) 384–385.
[4] *Sirotinski L. I.*: Tehnica visokih napriajenii, Gosenergoizdat, Moscova, 1953.
[5] C.E.I.: Specification pour condensateurs de puissance pour des frequences entre 100 et 20 000 Hz, Genéve, Avril, 1957.
[6] *Avramescu A.*: Posibilitățile calculului de dimensionare termică a siguranțelor fuzibile. Electrotehnica **1** (1953) 6, 23–33.
[7] *Bercu A.*: Condensatoare pentru îmbunătățirea factorului de putere realizate la ICET. Electrotehnica, **6** (1958) 10, 387–393.
[8] *Bercu A.* și *Podani E.*: Caracteristicile dielectrice ale uleiului romînesc de condensator. Electrotehnica **8** (1960) 6, 193–199.
[9] *Bercu A.* și *Cleja V.*: Determinarea tensiunii de ionizare în dielectrici. Prima consfătuire pe țară de materiale electrotehnice. Timișoara 1960.

Intrat în redacție la 18 aprilie 1960.

Pentru tînărul inginer

Determinarea puterii lămpilor, în cazul panourilor luminoase de formă dreptunghiulară

Vasile Prisăcaru* – Iași

CZ 621.327.43 : 628.972.3

Panourile luminoase își au în general utilizare în cazul încăperilor de înălțime mică [7], constînd dintr-o ramă obișnuit metalică pe care se fixează o sticlă difuzantă, în spatele căreia se montează izvoarele de lumină. În prezentul articol se arată cum se determină puterea lămpilor necesare a fi prevăzute în spatele panoului de formă dreptunghiulară, plecînd de la o anumită iluminare minimă impusă de norme, într-un anumit punct de pe suparafța de lucru.

Considerînd o suprafață elementară dS, în punctul M din suprafața luminoasă S (fig. 1), care trimite în direcția punctului P intensitatea luminoasă dI_α, iluminarea dată de elementul de suprafață dS în punctul P se va exprima prin relația cunoscută [2]

$$dE_P = \frac{dI_\alpha \cos \beta}{MP^2} \qquad (1)$$

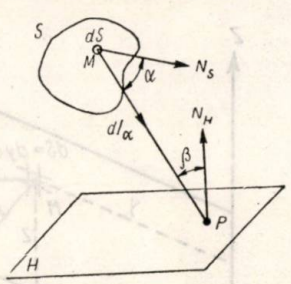


Fig. 1. Calculul iluminării produse de o suprafață difuzantă.

în care:

dI_α este valoarea intensității luminoase în direcția punctului P dată de elementul de suprafață dS și care face unghiul α cu normala la elementul de suprafață dS;

β – unghiul dintre direcția intesității luminoase dI_α și normala la planul H ridicată din punctul P.

Suprafața S poate emite fluxul luminos în spațiu fie printr-o reflexie difuză, fie printr-o trecere difuză a luminii. Materialele care reflectă difuz lumina pot fi sarea de magneziu ($\rho = 0{,}98$), sulfatul de bariu ($\rho = 0{,}95$), alabastru ($\rho = 0{,}92$), vopseaua albă ($\rho = 0{,}8$), hîrtia etc.; iar cele cu trecere difuză, sticlele lăptoase, purtînd denumire generală de suprafețe luminoase sau panouri luminoase și care se utilizează în tehnica iluminatului (ρ fiind coeficientul de reflexie).

1. Caracteristicile fotometrice ale suprafețelor difuzante

În ambele cazuri intensitatea luminoasă dI_α se supune legii lui Lambert sau legea cosinusului, adică:

$$dI_\alpha = dI_m \cos \alpha \qquad (2)$$

în care dI_m este valoarea maximă a intensității luminoase și a cărei direcție este normală la elementul de suprafață dS.

În acest caz strălucirea suprafeței elementare dS privită din direcția punctului P va fi:

$$B_\alpha = \frac{dI_\alpha}{dS \cos \alpha}$$

sau inlocuind pe dI_α ținînd seama de relația (2) avem:

$$B_\alpha = \frac{dI_m \cos \alpha}{dS \cos \alpha} = \frac{dI_m}{dS} = B \qquad (3)$$

adică strălucirea suprafeței elementare dS indiferent din ce direcție este privită este aceeași și egală cu B (fig. 2).

* Ing. *Vasile Prisăcaru* este conferențiar la Institutul Politehnic din Iași.

Fluxul luminos elementar emis de suprafața dS, prin aplicarea expresiei analitice a fluxului luminos [1] va fi :

$$d\Phi = 2\pi \int_0^{\frac{\pi}{2}} dI_\alpha \sin\alpha \, d\alpha =$$

$$= 2\pi \, dI_m \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos\alpha \sin\alpha \, d\alpha = \pi \, dI_m . \qquad (4)$$

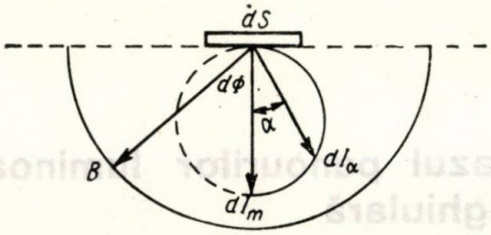


Fig. 2. Secțiune într-o suprafață elementară difuzantă.

Ținînd seama de relația (3) se poate scrie

$$d\Phi = \pi B dS \qquad (5)$$

La fel se poate stabili o relație între radiația suprafeței (R) și strălucire [4], știind că :

$$R = \frac{d\Phi}{dS} = \frac{\pi B \, dS}{dS} = \pi B . \qquad (6)$$

Relațiile de mai sus (4), (5), (6) au fost stabilite pentru un element de suprafață dS care emite fluxul elementar $d\Phi$.

În cazul unei suprafețe S cu dimensiuni finite, pentru ca strălucirea sau radiația să aibă aceeași valoare în orice punct al ei, trebuie ca fluxul luminos emis prin reflexie sau prin trecere să fie uniform repartizat pe intraga suprafață S, aceasta rezultînd din relația (6). Considerînd că ρ, τ și α au aceleași valori în orice punct de pe suprafața S (ρ, τ și α fiind coeficienții de reflexie, de trecere și de absorbție), înseamnă că și fluxul incident trebuie să fie uniform repartizat pe suprafața S. Prin urmare atunci cînd este vorba, de exemplu, de o trecere difuză a luminii, lămpile cu incandescență sau fluorescente nu pot fi montate la distanțe prea mari una de alta.

Îndeplinind condițiile de mai sus, legea lui Lambert este valabilă și în cazul suprafețelor finite putîndu-se stabili următoarele relații :

$$B_\alpha = \frac{I_\alpha}{S\cos\alpha} = \frac{I_m \cos\alpha}{S\cos\alpha} = \frac{I_m}{S} = B$$

$$\Phi = \pi \, I_m = \pi BS \qquad (5')$$

și

$$R = \frac{\Phi}{S} = \frac{\pi I_m}{S} = \frac{\pi BS}{S} = \pi B . \qquad (6')$$

Avînd în vedere că strălucirea este mărimea fotometrică care acționează direct asupra ochiului și care în instalațiile de iluminat nu poate depăși o anumită valoare impusă de norme, valoarea ei se poate micșora sau mări pentru un anumit grad de iluminare, fie acționînd asupra fluxului luminos, fie asupra suparfeței S.

2. Calculul iluminării

Ținînd seama de caracteristicile fotometrice ale suprafețelor difuzante, reluînd relația (1) se poate aduce la forma :

$$dE_P = \frac{dI_\alpha \cos\beta}{MP^2} = \frac{dI_m \cos\alpha \cos\beta}{MP^2} = \frac{B dS \cos\alpha \cos\beta}{MP^2} \qquad (7)$$

și iluminarea dată de întreaga suprafață în punctul P va fi :

$$E_P = \iint \frac{B dS \cos\alpha \cos\beta}{MP^2} = B \iint \frac{dS \cos\alpha \cos\beta}{MP^2} \qquad (8)$$

Presupunînd un panou luminos de formă dreptunghiulară (fig. 3), care face parte dintr-un plan vertical — adică perpendicular pe planul de calcul — se poate determina iluminarea în punctul P situat pe axa de coordonate (x, 0, 0) în sistemul de axe rectangulare $OXYZ$.

Poziția panoului față de sistemul de referință este în așa fel aleasă încît două din laturile sale coincid, una cu axa OZ și a doua cu axa OY, iar punctul de calcul se află pe axa OX. Luînd un element de suparafță dS în punctul M ale cărui coordonate curente în planul ZOY sînt

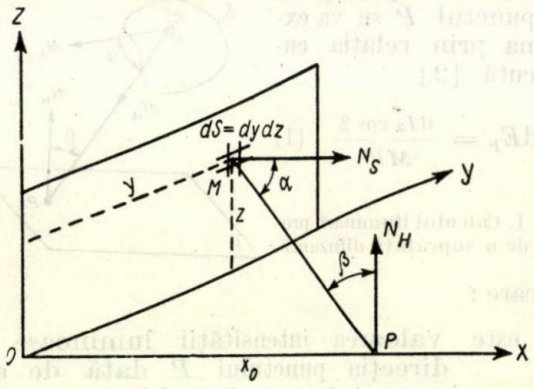


Fig. 3. Dreptunghi luminos perpendicular pe planul de calcul

$M(z, y)$, iluminarea în punctul P dat de elementul de suprafață va fi conform relației (7)

$$dE_P = \frac{B dS \cos\alpha \cos\beta}{MP^2} = \frac{B \, dz \, dy \cos\alpha \cos\beta}{MP^2} \qquad (9)$$

şi iluminarea în punctul P dat de întreaga suprafaţă difuzantă va fi :

$$E_P = B\iint \frac{\cos\alpha\cos\beta\,dy\,dz}{MP^2} \qquad (10)$$

observînd că $\cos\beta = \frac{z}{MP}$ şi $\cos\alpha = \frac{x_0}{MP}$ înlocuind în relaţia (10) introducînd şi limitele de integrare [6] avem :

$$E_P = Bx_0 \int_0^{y_0}\int_0^{z_0} \frac{z\,dz\,dy}{(x_0^2 + y^2 + z^2)^2}$$

unde $MP^2 = x_0^2 + y^2 + z^2$, integrînd obţinem :

$$E_P = \frac{B}{2}\left(\operatorname{arc\,tg}\frac{y_0}{x_0} - \frac{x_0}{\sqrt{x_0^2+z_0^2}}\operatorname{arc\,tg}\frac{y_0}{\sqrt{x_0^2+z_0^2}}\right) \qquad (11)$$

Se observă din fig. 4 că :

$$\operatorname{arc\,tg}\frac{y_0}{x_0} = \beta_0;$$

$$\frac{x_0}{\sqrt{x_0^2+z_0^2}} = \cos\gamma \text{ şi } \operatorname{arc\,tg}\frac{y_0}{\sqrt{x_0^2+z_0^2}} = \beta_1$$

încît relaţia (11) devine

$$E_P = \frac{B}{2}(\beta_0 - \beta_1\cos\gamma) = \frac{R}{2\pi}(\beta_0 - \beta_1\cos\gamma) \qquad (12)$$

Dacă laturile panoului nu coincid cu cele două axe de coordonate ci sînt paralele, se pot prelungi în mod fictiv, în aşa fel ca ele să coincidă cu cele două axe de coordonate, sau dacă panoul are o formă neregulată se poate împărţi într-o sumă de dreptunghiuri sau pa-

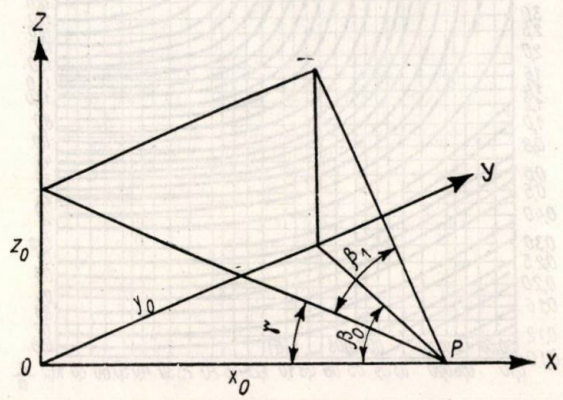


Fig. 4. Calculul iluminării produse de un dreptunghi luminos perpendicular pe planul de calcul.

trate ale căror laturi să fie paralele cu cele două axe de coordonate şi prin prelungirea lor să se intre în cazul de mai sus.

În cazul cînd panoul este orizontal — adică paralele cu planul de calcul — şi de formă dreptunghiulară sau patrată (fig. 5), iluminarea într-un punct $P\,(0, 0, z_0)$ făcînd parte din planul orizontal se va determina plecînd de la aceeaşi relaţie (7)

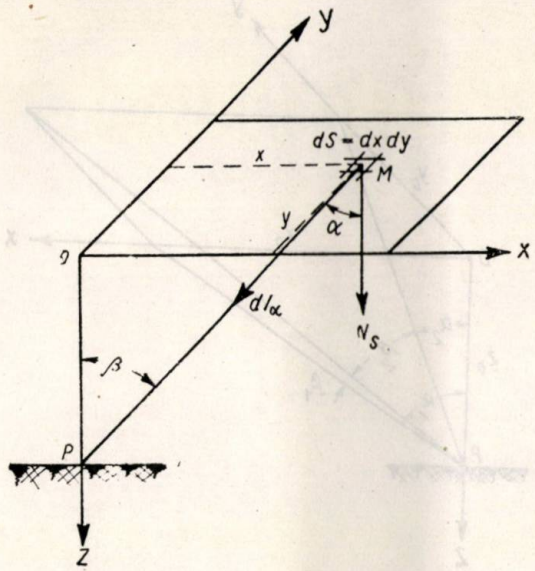


Fig. 5. Dreptunghi luminos paralel cu planul de calcul.

$$dE_p = \frac{B\,dS\cos\alpha\cos\beta}{MP^2} = \frac{B\,dx\,dy\cos^2\alpha}{MP^2}$$

cum însă

$$\cos\alpha = \frac{z_0}{MP} \text{ şi } MP^2 = x^2 + y^2 + z_0^2$$

rezultă :

$$dE_P = \frac{Bz_0^2\,dx\,dy}{(x^2+y^2+z_0^2)^2}$$

şi

$$E_P = Bz_0^2\int_0^{x_0}\int_0^{y_0}\frac{dx\,dy}{(x^2+y^2+z_0^2)^2} = \frac{B}{2}\left[\frac{x_0}{\sqrt{x_0^2+z_0^2}}\cdot\right.$$

$$\left.\operatorname{arc\,tg}\frac{y_0}{\sqrt{x_0^2+z_0^2}} + \frac{y_0}{\sqrt{y_0^2+z_0^2}}\cdot\operatorname{arc\,tg}\frac{x_0}{\sqrt{y_0^2+z_0^2}}\right] \qquad (13)$$

înlocuind (fig. 6) pe :

$$\frac{x_0}{\sqrt{x_0^2+z_0^2}} = \sin\alpha_1;\ \frac{y_0}{\sqrt{y_0^2+z_0^2}} = \sin\alpha_2;$$

$$\operatorname{arc\,tg}\frac{y_0}{\sqrt{x_0^2+z_0^2}} = \beta_1 \text{ şi } \operatorname{arc\,tg}\frac{x_0}{\sqrt{y_0^2+z_0^2}} = \beta_2$$

se obţine

$$E_P = \frac{B}{2}(\beta_1\sin\alpha_1 + \beta_2\sin\alpha_2) = \frac{R}{2\pi}(\beta_1\sin\alpha_1 + \beta_2\sin\alpha_2). \qquad (14)$$

Aceleași observații se pot face și aici că și în cazul panourilor verticale dacă două din laturile sale nu coincid cu axele de coordonate OX și OY.

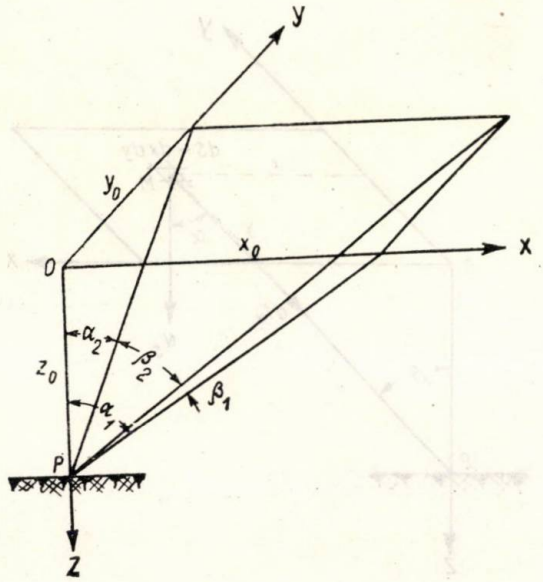


Fig. 6. Calculul iluminării produse de un dreptunghi luminos paralel cu planul de calcul.

3. Determinarea puterii lămpilor

Relațiile (12) și (14) permit determinarea iluminării într-un anumit punct al încăperii, cînd se cunoaște strălucirea sau radianța, dimensiunile panoului și poziția punctului față de panou. Cum însă iluminarea este mărimea fotometrică care trebuie realizată într-o anumită încăpere și a cărei valoare minimă este dată în norme în funcție de destinația încăperii și mărimea detaliilor observate, în cele ce urmează se arată cum se determină puterea lămpilor necesare a fi prevăzute în spatele panoului, plecînd de la o anumită iluminare minimă impusă de norme, de realizat într-un anumit punct al încăperii

Notînd cu a și b laturile dreptunghiului, $x_0 = p$ pentru panouri verticale și $z_0 = h$ pentru panouri orizontale, și observînd că unghiurile β_0 β_1 β_2 γ α_1 și α_2 depind de dimensiunile panoului și valoarea lui p sau h, relațiile (12) și (14) se mai pot scrie :

$$E_P = Rf\left(\frac{a}{p}, \frac{b}{p}\right) = \frac{\Phi}{S} f\left(\frac{a}{p}, \frac{b}{p}\right) = \frac{\Phi}{S} q \text{ pentru}$$

panouri verticale (15)

$$E_P = Rf\left(\frac{a}{h}, \frac{b}{h}\right) = \frac{\Phi}{S} f\left(\frac{a}{h}, \frac{b}{h}\right) = \frac{\Phi}{S} q \text{ pentru}$$

panouri orizontale (16)

Inginerul sovietic E.S. Ratner a propus o serie de nomograme în care la intersecția liniilor corespunzătoare valorilor date pentru $\frac{a}{p}$ și $\frac{b}{p}$ (fig. 8) sau $\frac{a}{h}$ și $\frac{b}{h}$ (fig. 9) se găsește în mod direct valoarea q în procente [3]. Introducînd și noțiunea de randament — ca fiind raportul dintre fluxul luminos emis de panou și fluxul total dat de lămpi — a cărui expresie este dată [1] de relația (fig. 7).

$$\eta = \frac{(1 + \rho_1)\tau_2}{2(1 - \rho_1 \rho_2)}$$

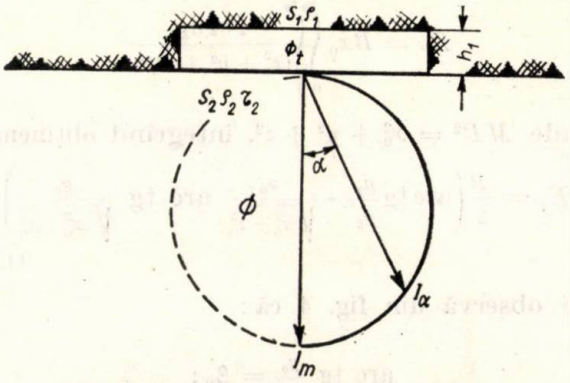


Fig. 7. Secțiune într-un panou luminos.

precum și de coeficientul de depreciere K se ajunge la relația definitivă :

$$\Phi_t = \frac{ESK}{\eta q} \qquad (17)$$

valabilă pentru ambele cazuri ținînd seama numai de semnificația lui q.

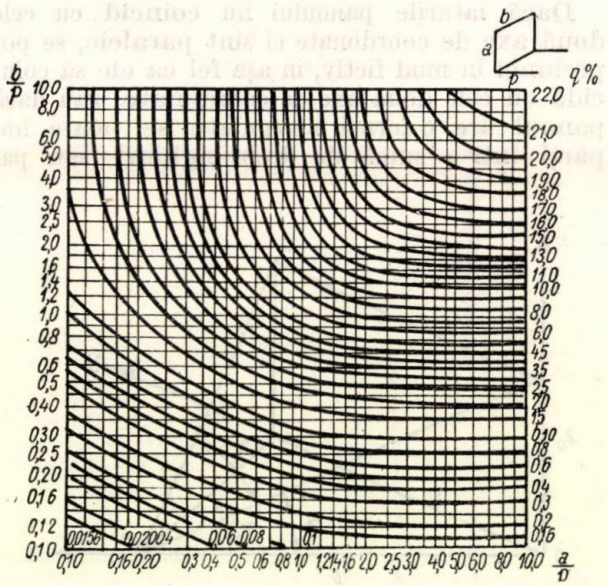


Fig. 8. Nomogramă pentru calculul iluminării produse de un dreptunghi luminos perpendicular pe planul de calcul.

Cînd proiecția unui vîrf al dreptunghiului luminos nu coincide cu punctul de calcul, relația (17) capătă forma

$$\Phi_t = \frac{ESK}{\eta \Sigma q} \qquad (18)$$

în care :

S este suprafaţa panoului în m² a cărui flux total în (lm) se determină iar,

Σ_q — se referă la toate panourile reale şi fictive care iau parte la iluminarea punctului dat.

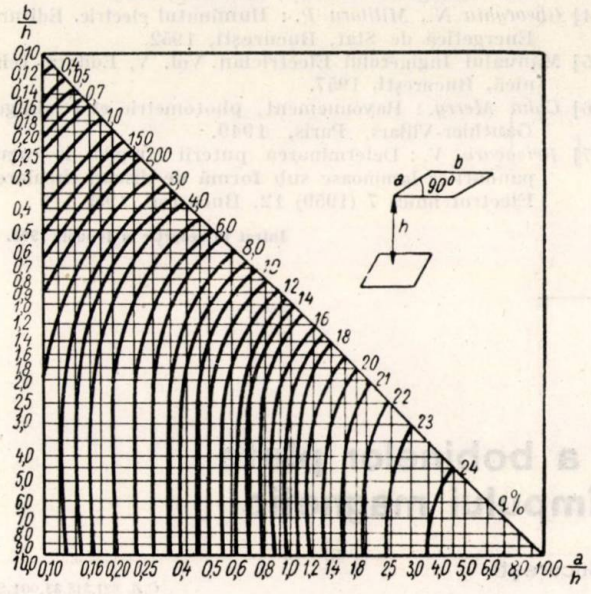


Fig. 9. Nomogramă pentru calculul iluminării produse de un dreptunghi luminos paralel cu planul de calcul.

În cazul general cînd încăperea este iluminată de mai multe panouri luminoase neîndeplinind condiţia de mai sus, relaţia (17) capătă forma generală :

$$\Phi_t = \frac{EK\Sigma S}{\eta \Sigma q} \qquad (19)$$

în care ΣS este suprafaţa reală a tuturor panourilor în m², care iau parte la iluminarea punctului P şi al căror flux luminos total se determină, iar Σq are aceeaşi semnificaţie ca şi în cazul relaţiei (18).

Relaţia (19) este valabilă numai cînd toate panourile au aceeaşi strălucire şi aceleaşi caracteristici fotometrice.

Avînd determinat fluxul luminos total pentru panoul sau panourile respective se poate determina apoi numărul şi puterea lămpilor necesare a fi montate în spatele fiecărui panou pentru a obţine în punctul respectiv iluminarea impusă.

Exemplu de calcul

Se dă o încăpere cu dimensiuni de 8 × 14 m², înălţimea $H = 4$ m şi înălţimea planului de lucru faţă de podea $h = 1$ m (sală de desen), iluminată cu patru panouri luminoase identice avînd dimensiunile 1,2 × 5 m² fiecare (fig. 10). Se cere să se determine fluxul luminos total, respectiv numărul şi puterea lămpilor necesare a fi montate în spatele fiecărui panou pentru a crea o iluminare minimă de 120 lx pe suprafaţa de lucru, presupunînd că punctul de iluminare minimă se află la capătul unui panou (punctul P).

Pentru a determina fluxul luminos total necesar unui panou aplicăm formula

$$\Phi_t = \frac{ESK}{\eta \Sigma q}$$

luăm $K = 1,3$; $\rho_1 = 0,8$; $\tau_2 = 0,4$; $\rho_2 = 0,5$ [1]

$$S = 1,2 \times 5 = 6 \text{m}^2$$

$$\eta = \frac{(1 + \rho_1)\,\tau_2}{2\,(1 - \rho_1\,\rho_2)} = \frac{(1 + 0,8)\,0,4}{2\,(1 - 0,8 \cdot 05)} = 0,6$$

$$\Sigma q = q_1 - q_2 + 2q_3 + q_4 - q_5 - q_6 + q_7 + 2\,(q_8 - q_9)$$

$$\Sigma q = 0,19 - 0,17 + 2 \cdot 0,047 + 0,205 - 0,195 - 0,182 +$$

$$+ 0,172 + 2\,(0,05 - 0,048) = 0,118$$

în care q_1 se referă la suprafaţa $PABU$
q_2 „ „ $PDCU$
q_3 „ „ $PKLU$
q_4 „ „ $PAFZ$
q_5 „ „ $PAEV$
q_6 „ „ $PDHZ$
q_7 „ „ $PDGV$
q_8 „ „ $PKTZ$
q_9 „ „ $PKOV$

Introducînd datele parţiale în formula de calcul obţinem :

$$\Phi_t = \frac{120 \cdot 6 \cdot 1,3}{0,6 \cdot 0,118} = 13\,200 \text{ lm}$$

Luînd distanţa între lămpi de 0,6/0,8 m, obţinem un număr total de 12 lămpi pentru fiecare panou.

Fluxul luminos pe lampă va fi :

$$\Phi_b = \frac{\Phi_t}{12} = \frac{13\,200}{12} = 1\,100 \text{ lm}$$

La care corespunde un bec de 100 W, 220 V, 1040 lm.

Iluminarea reală în punctul P va fi :

$$E_r = \frac{\eta \Phi_t \Sigma_q}{SK} = \frac{0,6 \cdot 12 \cdot 1040 \cdot 0,118}{6.1,3} = 113 \text{ lx.}$$

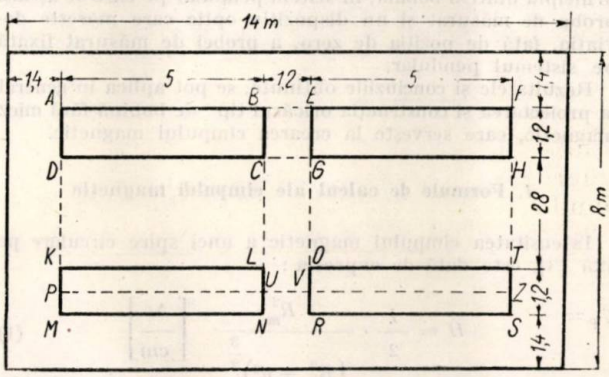


Fig. 10. Exemplu de calcul pentru determinarea puterii lămpilor în cazul iluminării unei încăperi cu mai multe panouri luminoase.

Eroarea relativă

$$\frac{\Delta E \cdot 100}{E} = -\frac{7 \cdot 100}{120} = -6\,\% \text{ admisă}$$

Puterea specifică

$$p_{sp} = \frac{12.100 \cdot 4}{8 \cdot 14} = 42{,}8 \text{ W/m}^2$$

Strălucirea suprafeței difuzante

$$B = \frac{R}{\pi 10^4} = \frac{\eta \Phi_t}{S\pi 10^4} = \frac{0{,}6 \cdot 12 \cdot 1040}{6 \cdot 3{,}14 \cdot 10^4} = 0{,}04 \text{ sb.}$$

admisă din punctul de vedere al fenomenului de orbire.

Observații. Problema se putea rezolva și prin aplicarea relației (19), introducînd la numărător în loc de suprafața unui singur panou, suprafața tuturor panourilor, adică $\Sigma S = 4 \times 1{,}2 \times 5 = 24$ m² și căpătăm ca rezultat fluxul total necesar pentru toate panourile, suprafețele fiind egale se ajunge la același rezultat ca și în cazul aplicării relației (18).

Bibliografie

[1] *Fedorov B. F.*: Curs general de tehnica iluminatului. G.E.I. Moscova, 1944.

[2] *Epaneșnicov M. M. Socolov M. V.*: Iluminatul electric. Editura Energetică de Stat, București, 1953.

[3] *Knorring G. M.*: Proiectarea iluminatului electric, (traducere litografiată din limba rusă I.D.T. Buc.) Editura Energetică de Stat, Moscova, 1950.

[4] *Gheorghiu N., Militaru P.*: Iluminatul electric. Editura Energetică de Stat, București, 1952.

[5] Manualul Inginerului Electrician. Vol. V, Editura Tehnică, București, 1957.

[6] *Cohn Merry,*: Rayonnement, photometrie et eclairage, Gauthier-Villars, Paris, 1949.

[7] *Prisăcaru V.*: Determinarea puterii lămpilor în cazul panourilor luminoase sub formă de discuri circulare. Electrotehnica **7** (1959) 12, București, 1959.

Intrat în redacție la 14 iunie 1960.

Note

Dimensionarea optimă a bobinelor plate pentru producerea cîmpului magnetic

Ion Barbu * — București

C.Z. 621.318.33.001.24

Utilizarea bobinelor fără miez magnetic în tehnica producerii cîmpului magnetic, este răspîndită. Astfel, se folosesc bobine plate în construcția coercimetrelor de tipul Helmholtz Stäblein, a bobinelor acceleratoare ale oscilografelor și în radiolocație.

În lucrare este dată o metodică originală de proiectare a acestor bobine folosindu-se o formulă nouă dedusă de autor, proiectare, care duce la realizarea unei economii de cupru și energie electrică, pentru executarea și respectiv alimentarea bobinei, de circa. 40 %. Dimensionarea optimă a bobinei se bazează pe expresia dedusă, care dă maximul cîmpului magnetic, funcție de raza medie.

Metoda de calcul a fost aplicată la reproiectarea unei bobine a coercimetrului de tipul Helmholt Stäblein, coercimetru construit atît în țară [1] cît și în străinătate [2]. Un astfel de coercimetru a fost construit în ICET [1] și este format în principiu dintr-o bobină, în sistem pendular pe care se așează proba de măsurat și un dispozitiv optic care mărește deviația, față de poziția de zero, a probei de măsurat fixată pe sistemul pendular.

Rezultatele și concluziile obținute, se pot aplica în general la proiectarea și construcția oricărui tip de bobină fără miez magnetic, care servește la crearea cîmpului magnetic.

1. Formule de calcul ale cîmpului magnetic

Intensitatea cîmpului magnetic a unei spire circulare pe axă [3], este dată de expresia :

$$H = \frac{I}{2} \cdot \frac{R_m^2}{\left(R_m^2 + d^2\right)^{\frac{3}{2}}} \left[\frac{\text{As}}{\text{cm}}\right] \qquad (1)$$

unde : I — intensitatea curentului electric în A ; R_m — raza medie a spirei în cm ; d — distanța de la centrul spirei pînă la punctul de pe ax în care se calculează intensitatea cîmpului magnetic H — în cm.

* Ing. *Ion Barbu* este cercetător la Institutul de Cercetări Electrotehnice — București.

Dacă la o bobină cu N spire considerăm că întreaga solenație este concentrată în spira de rază medie, expresia cîmpului magnetic H pe axă este :

$$H = \frac{NI}{2} \cdot \frac{R_m^2}{\left(R_m^2 + d^2\right)^{\frac{3}{2}}} \left[\frac{\text{As}}{\text{cm}}\right] \qquad (2)$$

Formula cea mai riguroasă care dă intensitatea cîmpului magnetic a unei bobine pe axă [1] este :

$$H = \frac{NI}{2l(R_e - R_i)} \left[(l + d') \ln \frac{R_e + \sqrt{R_e^2 + (l + d')^2}}{R_i + \sqrt{R_i^2 + (l + d')^2}} - d' \ln \frac{R_e + \sqrt{R_e^2 + d'^2}}{R_i + \sqrt{R_i^2 + d'^2}} \right] \left[\frac{\text{As}}{\text{cm}}\right] \qquad (3)$$

unde : NI — solenația bobinei în As ; l — lățimea bobinei în cm ; R_e, R_i, — raza exterioară, respectiv interioară, a bobinei în cm ; d' — distanța de la fața cea mai apropiată a bobinei față de punctul unde se determină intensitatea cîmpului magnetic în cm.

Pentru bobina plată din fig. 1 $\left(\frac{R_e - R_i}{l} \gg 1\right)$ cîmpul magnetic pe axă, are expresia (a.1)* :

$$H = \frac{NI}{2(R_e - R_i)} \left[\frac{R_i}{\sqrt{R_i^2 + d^2}} - \frac{R_e}{\sqrt{R_e^2 + d^2}} + \ln \frac{R_e + \sqrt{R_e^2 + d^2}}{R_i + \sqrt{R_i^2 + d^2}} \right] \left[\frac{\text{As}}{\text{cm}}\right] \qquad (4)$$

* Vezi anexa.

unde: NI — solenaţia bobinei în As; R_e, R_i — raza exterioară, respectiv interioară, a bobinei în cm; d — distanţa de la centrul bobinei la punctul de pe axă, unde se calculează cîmpul magnetic H, în cm.

Formula (4) are avantajul că nu conţine lungimea bobinei şi este tot atît de precisă ca şi formula (3). Precizia acestei formule este arătată în curbele din fig. 2. Independenţa de lungime a formulei (4) permite ca aceasta să poată fi folosită în calculele preliminării.

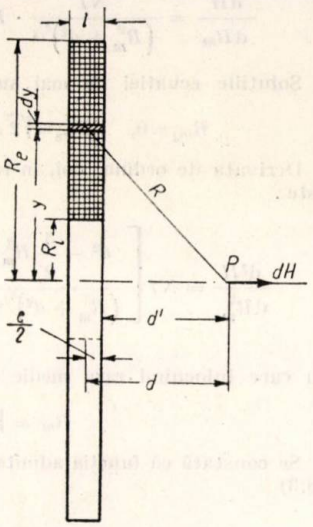


Fig. 1. Bobină plată.

2. Cîmpul magnetic optim al bobinei

Cîmpul magnetic optim (maxim) al bobinei la distanţa d de centrul acesteia se determină din maximul funcţiei dată de ecuaţia (2). Maximul acesteia este dat de expresia (a.3):

$$R_m = \sqrt{2}\, d \qquad (5)$$

Maximele funcţiilor date de ecuaţiile (3) şi (4) nu se pot determina analitic, acestea pot fi însă găsite grafic.

Relaţia (5) conţine elemente necesare şi suficiente pentru dimensionarea bobinei, întrucît alegîndu-se solenaţia, rezultă lungimea şi înălţimea bobinei din valoarea cîmpului magnetic. Între dimensiunile bobinei şi solenaţie există relaţia:

$$(R_e - R_i)\, l = \frac{NS}{\Phi} = \frac{NI}{j\Phi}. \qquad (6)$$

unde: R_e, R_i — raza exterioară, respectiv interioară a bobinei în cm; l — lăţimea bobinei în cm; N — numărul de spire al bobinei; I — intensitatea curentului electric în A; j — densitatea curentului electric în A/cm²; Φ — coeficientul de umplere al bobinei.

3. Consideraţii termice

Pentru dimensionarea bobinei în condiţiile cele mai economice, trebuie să se ţină seama ca şi puterea absorbită şi încălzirea să fie optime. Puterea absorbită de bobină, în condiţiile păstrării constante a solenaţiei, este proporţională cu raza medie (a. 4), iar supratemperatura este independentă de aceasta (a.7):

$$P_j = kR_m \qquad (7)$$

$$\tau = k_1 \qquad (8)$$

4. Dimensionarea bobinei *(exemplu de calcul)*

Se dimensionează o bobină pentru coercimetrul de tip Helmholtz Stäblein care la distanţa $d = 7$ cm pe axă crează un cîmp magnetic de 1000 Oe (800 As/cm).

Raza medie optimă a bobinei, funcţie de distanţa d, este dată de relaţia (5):

$$R_m = \sqrt{2}\, d \simeq 10 \text{ cm}.$$

Din motive constructive se alege raza interioară a bobinei de 2,5 cm, raza exterioară rezultînd:

$$R_e = 2R_m - R_i = 17{,}5 \text{ cm},$$

Solenaţia bobinei se determină cu formula (4)

$$NI = \frac{2(R_e - R_i)H}{\frac{R_i}{\sqrt{R_i^2 + d^2}} - \frac{R_e}{\sqrt{R_e^2 + d^2}} + \ln \frac{R_e + \sqrt{R_e^2 + d^2}}{R_i + \sqrt{R_i^2 + d^2}}} =$$

$$= 34\,000 \text{ As}.$$

Pentru a se putea compara bobina acestui coercimetru, cu bobina celui din literatură [2] trebuie aleasă aceeaşi secţiune transversală a bobinei. Condiţia este îndeplinită dacă se alege acelaşi număr de spire, aceiaşi secţiune a conductorului bobinei şi acelaşi coeficeent de umplere: $N = 1\,000$ spire, $d = 2{,}5$ cm, $\Phi = 0{,}435$.

Lăţimea bobinei rezultă din relaţia (6), în care parametrii bobinei se înlocuiesc cu valorile de mai sus

$$l = \frac{NS}{(R_e - R_i)\Phi} = 7{,}5 \text{ cm}.$$

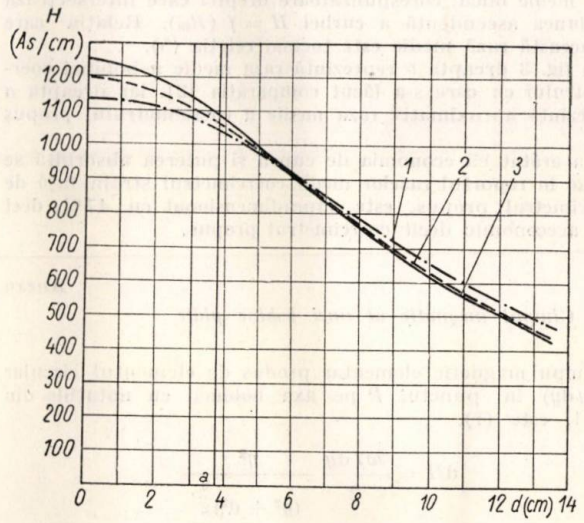


Fig. 2. Funcţia $H = f(d)/R_m = \text{const}$:
1 — curbă după relaţia (2); *2* — curbă după relaţia (3); *3* — curbă după relaţia (4).

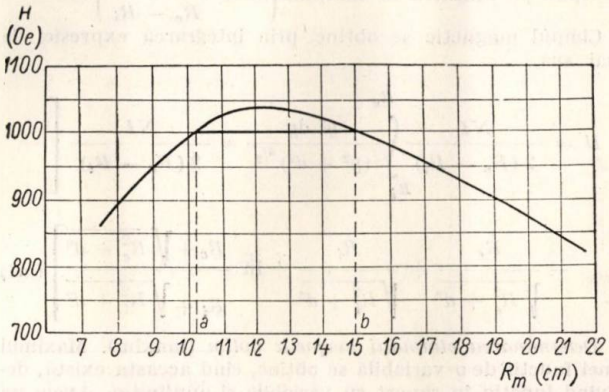


Fig. 3. — Funcţia $H = f(R_m)/d = \text{const}$:
a — raza medie recalculată; *b* — raza medie existentă.

Curbele din fig. 2 şi fig. 3 se referă la bobina coercimetrului descris în literatură [2], curbele bobinei coercimetrului realizat fiind identice.

Concluzii

La dimensionarea unei bobine plate trebuie să se ţină seama de următoarele:

— Intensitatea cîmpului magnetic are un maximum.

— Pe porțiunea ascendentă a curbei $H = f(R_m)$ (fig. 3), intensitatea cîmpului magnetic crește aproximativ în aceeași proporție cu raza medie, iar puterea absorbită și consumul de cupru sînt proporționale cu aceasta (7).

— Pe porțiunea descendentă a curbei $H = f(R_m)$ intensitatea cîmpului magnetic scade cu creșterea razei medii, iar puterea absorbită și consumul de cupru cresc porporțional cu raza medie.

— Supratemperatura, în ipotezele făcute (solenație constantă), este independentă de raza medie (8).

— După cum rezultă din fig. 2 formula propusă (4) în raport cu formula (3), (cea mai precisă formulă cunoscută), este suficient de exactă, în special în exteriorul bobinei. Condiția necesară și suficientă ca o bobină care crează cîmp magnetic să fie economic dimensionată, este ca dreapta razei medii a acesteia să intersecteze curba $H = f(R_m)$ pe porțiunea ascendentă. Se constată că pentru aceeași valoare a cîmpului magnetic (dreapta corespunzătoare cîmpului $H = 1\,000$ Oe) (fig. 3) corespund două raze medii, adică două bobine, una pe porțiunea ascendentă, iar cealaltă pe porțiunea descendentă. Evident bobina economică este aceea care are raza medie mică, corespunzătoare dreptei care intersectează porțiunea ascendentă a curbei $H = f(R_m)$. Relația care dă această rază medie este tocmai relația (5).

În fig. 3 dreapta *b* reprezintă raza medie a bobinei coercimetrului cu care s-a făcut comparația [2], iar dreapta *a* reprezintă aproximativ raza medie a coercimetrului propus (9).

S-a arătat că economia de cupru și puterea absorbită se găsesc în raportul razelor medii, coercimetrul străin, față de coercimetrul propus, este supradimensionat cu 47%, deci mai neeconomic decît coercimetrul propus.

Anexa

1. Cîmpul megnatic al unei bobine plate

Cîmpul magnetic elementar produs de elementul circular $(2\pi y\,dy)$ în punctul P pe axa bobinei, cu notațiile din fig. 1, este (1),

$$dH = \frac{mI\,dy}{2}\,\frac{y^2}{(y^2 + d^2)^{\frac{3}{2}}}$$

unde : $mI\,dy$ — solenația elementului dy, în As; m — numărul de spire pe unitatea de înălțime $\left(m = \frac{N}{R_e - R_i}\right)$.

Cîmpul magnetic se obține prin integrarea expresiei de mai sus

$$H = \frac{NI}{2(R_e - R_i)} \int_{R_i}^{R_e} \frac{y^2\,dy}{(y^2 + d^2)^{3/2}} = \frac{NI}{2(R_e - R_i)} \left[- \right.$$

$$\left. - \frac{R_e}{\sqrt{R_e^2 + d^2}} + \frac{R_i}{\sqrt{R_i^2 + d^2}} + \ln \frac{R_e + \sqrt{R_e^2 + d^2}}{R_i + \sqrt{R_i^2 + d^2}} \right] \quad (a.1)$$

Determinarea cîmpului magnetic optim (maxim). Maximul unei funcții de o variabilă se obține, cînd aceasta există, derivînd funcția în raport cu variabila și anulînd-o. Avem un maxim dacă derivata pară de ordin superior a funcției, în care înlocuind variabila cu soluția din prima derivată, este negativă.

Cîmpul magnetic al unei bobine considerînd spirele concentrate în raza medie este dat de expresia (2) :

$$H = \frac{NI}{2} \cdot \frac{R_m^2}{(R_m^2 + d^2)^{3/2}} \cdot \quad (a.2)$$

Variabila în expresia de mai sus a cîmpului este raza medie. Maximul funcției (a.2) se găsește astfel :

$$\frac{dH}{dR_m} = \frac{NI}{(R_m^2 + d^2)^{5/2}} \cdot R_m \left(d^2 - \frac{1}{2} R_m^2 \right) = 0.$$

Soluțiile ecuației de mai sus sînt :

$$R_{m_1} = 0, \qquad R_{m_2} = \sqrt{2}\,d, \qquad R_{m_3} = -\sqrt{2}\,d.$$

Derivata de ordinul doi, în raport cu R_m, a funcției (a.2) este :

$$\frac{d^2H}{dR_m^2} = NI \left[\frac{d^2 - \frac{3}{2} R_m^2}{(R_m^2 + d^2)^{5/2}} - 5\,R_m^2 \frac{d^2 - \frac{1}{2} R_m^2}{(R_m^2 + d^2)^{\frac{7}{2}}} \right]$$

în care înlocuind raza medie cu expresia :

$$R_m = \sqrt{2}\,d. \quad (a.3)$$

Se constată că funcția admite un maxim, care este dat de (a.3)

2. Considerații termice

Puterea absorbită de bobină este :

$$P_j = RI^2 = 2\pi\,\rho\,NI\,jR_m = kR_m \quad (a.4)$$

Factorii care înmulțesc pe R_m sînt constanți, deoarece s-a impus păstrarea aceleiași solenații, iar densitatea de curent se alege aceeași.

Încălzirea bobinei este dată de relația :

$$\tau = \frac{P_j}{\alpha S} \quad (a.5)$$

în care :

α — coeficientul de transmisie a căldurii, în $\frac{W}{°Cm^2}$;

τ — supratemperatura bobinei în °C;

S — suprafața totală a bobinei, în m^2, este :

$$S = 4\pi\,R_m\,(b + l) = k'\,R_m. \quad (a.6)$$

Solenația fiind constantă secțiunea transversală a bobinei (6) este și ea constantă, b și l care reprezintă laturile acesteia sînt de asemenea constante, deci suprafața bobinei este proporțională cu raza medie.

Supratemperatura se obține egalînd relația (a.4) cu (a.5) în care înlocuind suprafața S cu valoarea dată de (a. 6), este constantă pentru solenație constantă.

$$\tau = \frac{\rho j\,NI}{2\alpha\,(b + l)} = K_1 \quad (a.7)$$

Bibliografie

[1] *Popescu C.* : Măsurători de magneți permanenți în laboratorul ICPET. Electrotehnica **4** (1956) 9, 410—416.

[2] * * * : Herstellung von sintermagneten Limbach, februar 1953.

[3] *Budeanu C.I.* ș.a. : Bazele teoretice ale electrotehnicii. Probleme vol. I, Ed. Tehnică, București 1958.

[4] *Avramescu A., Popescu, C., Mehedinți D.* : Instalație de încercarea magneților permanenți. Congr. Electricieni nr. 24.02, OPED București 1957.

Intrat în redacție la 26 octombrie 1960.

Documentare

621.313 *Maşini electrice*

CZ 621.313.522.013.8.002/3

Criterii pentru aprecierea tehnico-economică a schemelor de excitaţie a maşinilor sincrone. [După C. Apetrei: Studii şi cercetări de energetică **10** (1960) 1, 127—144,7 ref.]

După ce se definesc noţiunile sistem şi schemă de excitaţie autorul stabileşte o serie de criterii unitare pe baza cărora poate fi posibilă analiza tehnico-economică a sistemelor de excitaţie a maşinilor sincrone. Aceste criterii se referă la eficacitatea schemei, siguranţa în funcţionare şi la economicitatea sistemului. Criteriul de eficacitate al schemei permite ca pentru o schemă dată, de putere instalată cunoscută, să se poată stabili puterea maximă a excitaţiei pe care se poate conta la avarii. În privinţa siguranţei în funcţionare trebuie aprofundată împărţirea schemelor în „autonome" şi „neautonome" prin introducerea calculului probabilităţii la analiza siguranţei sistemelor.

De asemenea, valoarea economicităţii schemei este analizată din punct de vedere al puterii totale instalate, a fondurilor investite, a randamentului etc. În concluzie, autorul recomandă o aplicare corectă a acestor criterii atunci cînd se adoptă o anumită schemă de excitaţie pentru o maşină sincronă, pentru a nu o complica prin introducerea unor elemente suplimentare, nejustificate în întregime nici tehnic, nici economic.

Fl. T.

CZ 621.313.322.013.8.001.57

Studiu critic experimental al schemelor de forţare a excitaţiei generatoarelor sincrone. [După D. Creţu: Studii şi cercetări de energetică **10** (1960) 1, 145 — 158, 13 ref.]

Îmbunătăţirea stabilităţii dinamice a sistemelor electroenergetice, menţinerea tensiunii la o valoare satisfăcătoare în timpul avariei şi ridicarea ei atunci cînd defectul a fost înlăturat, se realizează prin sistemul de forţare a excitaţiei. Se analizează comparativ cîteva scheme de forţare a excitaţiei indicîndu-se calităţile şi scăderile acestora ca şi parametrii ce caracterizează regimurile de funcţionare. Experimentările au fost făcute atît cu excitatoare cu excitaţie independentă cît şi cu excitatoare derivaţie, ambele debitînd pe înfăşurarea de excitaţie a generatorului; forţarea se realizează prin scurtcircuitarea rezistenţei din înfăşurarea de excitaţie a excitatoarei, sau prin introducerea unei înfăşurări serie. Analiza modului în care variază, fiecare parametru (tensiune, curent, saturarea excitatoarei) permite a se face o serie de consideraţii economice şi de siguranţă. Astfel, realizarea excitatoarelor derivaţie cu plafon mai ridicat, cu rezistenţa şi reacţia indusului mărită, permite înlocuirea excitatoarelor idependente, însă din punct de vedere economic şi al siguranţei în exploatare, excitatoarea în derivaţie este superioară celei independente.

Fl. T.

CZ 621.313.048 : 537.312.6 : 621.317.333.6.024

Influenţa temperaturii la încercarea cu curent continuu a izolaţiilor din maşinile electrice. [După A. Wichmann: Elektr. Z.-B. **12** (1960) 10, 237—243.]

După cîteva observaţii privind curenţii, care trec prin conductoarele izolate în timpul încercării lor (curentul capacitiv, cel de izolaţie şi cel de absorbţie) se arată că este recomandabil ca măsurarea rezistenţei să se facă la temperaturi sub 30°C (din cauza dependenţei curentului de izolaţie de temperatură), că această temperatură maximă este greu de obţinut în perioadele scurte de întrerupere a exploatării maşinilor şi că deci este necesar a se stabili legi, cu care valorile izolaţiei la temperaturi mai înalte să poată fi recalculate pentru 30°C.

Se folosesc în acest scop bare izolate cu diferite materiale izolante. Se întrebuinţează ca izolanţi şelac-micafoliu (izolaţie nouă), şelac cu mică (izolaţie învechită), asfalt-micafoliu, epoxid de răşină cu micafoliu şi mică, cu răşină poliesterică şi pentru fiecare din cele cinci tipuri de izolaţii se dau rezultatele măsurătorilor constînd din cîte trei diagrame cu curenţii în funcţie de timp şi de temperatură. Pentru fiecare izolant curbele sînt discutate amănunţit, indicîndu-se expresiile diferiţilor curenţi (de izolaţie, de absorbţie etc.) şi dîndu-se explicaţii privind formele sau eventualele anomalii ale formelor acestor curbe.

Urmează concluziile care arată că datele obţinute în cazul încercărilor în curent continuu depind de materialul liant (şelac sau asfalt) al izolaţiei, curenţii de izolaţie şi absorbţie cresc exponenţial cu temperatura etc. şi se dau în sfîrşit unele indicaţii practice privind trecerea de la barele de încercare la formele reale ale înfăşurărilor din maşini.

G. C.

621.314 *Transformatoare. Redresoare.*

CZ 621.314.324.8.014.3

Forţe de scurtcircuit între transformatoarele de măsură. [După Gäbler şi Kleinschmidt: Elektrie **14** (1960) 5, 166—168.]

S-a constatat că la transformatoarele de curent (este vorba de transformatoarele de măsură) în cazul scurtcircuitelor nu apar numai forţe care solicită rezistenţa interioară a transformatoarelor, ci şi forţe reciproce de răsturnare între două transformatoare alăturate. Sînt cunoscute cazurile, în care astfel de transformatoare rezistă cînd sînt încercate separat, dar sînt deteriorate sau răsturnate după montarea lor în reţeaua trifazată. Articolul arată calculul şi experienţele efectuate pentru determinarea solicitărilor între două transformatoare montate alăturat pe două conductoare paralele.

Se calculează întîi forţele dintre două spire circulare coaxiale avînd razele r_1 respectiv r_2, curenţii i_1 respectiv i_2 şi distanţa între spire a. Expresia găsită pentru forţă se simplifică pentru cazul întîlnit în practică, unde $r_1 = r_2$. Pentru acest caz se mai constată că forţa între două spire paralele, unde $a \ll r$, variază invers proporţional cu a iar cînd $a \gg r$ aceste forţe descresc cu a^4.

Se deduc apoi formulele pentru spire dreptunghiulare cu laturile e şi f. Se determină apoi forţele dintre două înfăşurări coaxiale. În încheiere se deduce formula pentru calculul practic al forţei între înfăşurări coaxiale.

G. C.,

CZ 621.314.2.001.4

Măsurarea factorului de pierderi tg δ la încercarea transformatoarelor. [După Wilfling şi Bach: Elektrie **14** (1960) 5, 157—160.]

Măsurarea lui tgδ face parte integrantă din urmărirea procesului de uscare şi încercare la transformatoarele şi la izolatoarele de trecere. Prin măsurarea lui tgδ se află în primul rînd pierderile provocate de fenomenele polarizaţiei. Se dă o schemă practică constînd dintr-o punte a lui Schering pentru măsurarea capacităţii şi a factorului de pierderi la un condensator, indicîndu-se definiţiile polarizaţiilor „de deplasare", „de orientare", precum şi a polarizaţiilor „de straturi intermediare". La fiecare categorie de polarizaţie este dată şi formula momentului respectiv. Urmează explicaţii asupra procedeului de măsurare a pierderilor dielectrice cu puntea lui Schering, indicîndu-se apoi rezultate de măsurători sub formă de curbe (tg δ în funcţie de U) pentru diferite cazuri (bobinaj faţă de miez etc.) la transformatoare şi la un izolator de trecere de 110 kV.

Liebscher a reuşit să construiască două astfel de curbe interesante şi anume una pentru cazul cînd în dielectric mai apar pierderi dielectrice suplimentare produse de descărcări în gaze iar alta pentru pierderile produse prin reducerea numărului de ioni. Toate aceste curbe sînt discutate prin prisma încercărilor la transformatoare sau la izolatoare de trecere.

După cîteva considerații privind măsurarea lui tgδ în funcție de timp, articolul încheie cu indicarea unor cazuri practice, unde s-au descoperit defecte de izolație datorită creșterii lui tgδ în funcție de timp.

G.C.

621.315.6 *Materiale izolante*

CZ 621.315.614.6 + 621.315.615

Materiale izolante în tehnica tensiunilor înalte. [După K. Potthoff: Elektr. Z.-B. **12** (1960) 7. 158—161]

Condițiile puse materialelor izolante depind de utilizarea acestora în înaltă frecvență, în termoelectricitate, în tehnica tensiunilor înalte etc. La tensiunile înalte problema se complică prin faptul că materialele izolante trebuie să îndeplinească și alte funcții: uleiul din transformatoare servește și la răcire, rășinile rezistă la solicitări mecanice ș.a.m.d. Urmează considerații privind condițiile cerute unui sistem cu două, respectiv, cu trei materiale izolante cu scopul obținerii unei repartizări cît mai uniforme a cîmpului electric. Astfel, sînt descrise unele condiții de natură tehnologică impuse izolanților din cabluri (hîrtie plus ulei), din izolatoarele de trecere (hîrtie, rășină și aer) și din barele generatoarelor. În privința uleiului de transformatoare, care actualmente este de calități diferite, se tinde către o standardizare și un control prin analiza spectrală infraroșie și prin alte analize moderne. Urmează considerații privind îmbătrînirea uleiului și tensiunea de străpungere.

Izolatoarele solide (hîrtie, preșpan etc.) sînt tratate din punct de vedere al compoziției, al fabricației și al comportării lor în ulei. Astfel cartonul dur de izolație se execută din straturi de rășină fenolică și hîrtie presate cu 5 000 t. Preșpanul se presează dintr-un material de un anumit grad de măcinare și se caracterizează prin faptul că prin pătrunderea uleiului în porii săi, el nu-și mărește volumul față de starea uscată.

Articolul încheie cu cîteva observații privind noile materiale izolante lichide numite „ascarele" (clofen, piranol etc.), care tind să înlocuiască uleiul de transformatoare, cum și rășinile solide, care cîștigă teren de utilizare.

G.C.

CZ 621.315.613.1 : 537.521.4

Despre măsurarea tangentei unghiului de pierderi și a permitivității. [După B. N. Tardov: Vestn. Elektroprom. **31** (1960) 4, 42—44, 3 ref. bibl.]

Din experimentări asupra unei largi categorii de dielectrici, rezultă că la temperatura de 20°C, raportul dintre coeficientul de variație termică a constantei dielectrice (α_ε) și tangenta unghiului de pierderi (tgδ), la majoritatea dielectricilor tehnici are o valoare constantă, și anume:

$$\frac{\alpha_\varepsilon}{\mathrm{tg}\,\delta} = 0{,}06(^\circ\mathrm{C}^{-1}) \qquad (1)$$

Plecînd de la acest element se studiază variația valorilor ε și tg δ a micii industriale în funcție de grosime. Prelucrarea statistică a circa 160 de măsurători arată că tg δ scade cu creșterea grosimii micii: la frecvențe de 50 Hz în 70 % din cazuri, iar la frecvențe de 1 000 Hz 85 % din cazuri. În schimb, ε crește cu mărirea grosimii aceluiași material în 96 % din cazuri la frecvențe de 50 Hz și 98—100 % din cazuri la frecvențe de 1 000 Hz.

Pentru frecvențele radio și în gama de grosimi de la 25 la 60 microni se deduc următoarele formule:

$$\mathrm{tg}\,\delta_{st} = 0{,}34 \cdot \mathrm{tg}\,\delta_m \cdot d^{0{,}23} \qquad (2)$$

$$\varepsilon_{st} = 2{,}25 \cdot \varepsilon_m \cdot d^{-0{,}25} \qquad (3)$$

unde: tg δ_{st} și ε_{st} — valorile corespunzătoare grosimii de 25 microni, aleasă standardizată; iar tg δ_m și ε_m — valorile măsurate.

A.B.

CZ 621.315.626.1 :621.319.4

Despre calculul izolatoarelor de înaltă tensiune de tip condensator. [După A.F. Kalacihin: Vestn. Elektroprom. **31** (1960) 5, 66—69, 7 ref. bibl.]

Factorii mai importanți care influențează asupra duratei de viață a izolatoarelor de tip condensator, pentru tensiunile 110—500 kV sînt: fenomenele de ionizare și de descărcări superficiale ale izolației compuse. Cele de mai sus se exprimă prin inegalitățile:

$$\frac{U_0}{n} \leqslant U_{desc} \qquad \frac{U}{n} \leqslant U_{ion}$$

unde:

U_0 este tensiunea calculată;

U — cea mai ridicată tensiune de lucru (cu circa 10 % mai mare decît cea nominală);

n — numărul de straturi;

U_{desc} — tensiunea corespunzătoare descărcărilor superficiale;

U — tensiunea admisibilă pe strat, în condițiile corespunzătoare ionizării.

De justa dimensionare a valorii n depinde rigiditatea dielectrică, tehnologia și prețul de cost al izolatorului.

Pentru construcții cilindrice, valoarea U_{desc} se determină prin relația

$$U_{desc} = a \sqrt{\frac{(r+\delta)\ln\dfrac{r+\delta}{r}}{\varepsilon}},$$

unde:

r este raza interioară a stratului;

δ — grosimea stratului;

ε — constanta dielectrică;

a — coeficient de corecție.

Pentru pertinax și porțelan electrotehnic $a = 79{,}3$, iar pentru izolația compusă hîrtie-ulei mineral $a = 74 - 76$.

Se prezintă exemple de calcul pentru un cablu de 220 kV, cu $\varepsilon = 3{,}5$ și tensiunea de încercare 550 kV și la fel pentru un cablu de 500 kV cu tensiunea de încercare 850 kV.

Experimentările au verificat calculele respective.

A.B.

621.316.5 *Aparataj electric*

CZ 621.316.5.027.8 : 621.315.616.96

Izolația turnată în construcția aparatajului de înaltă tensiune. [După N.I. Bacimin: Vestn. Elektroprom. **31** (1960) 2, 7—12, 13 fig., 7 ref. bibl.]

Avantajele folosirii izolației turnate în construcția aparatajului de înaltă tensiune sînt următoarele: indici tehnico-economici de greutate și volum reduși, rezistență la umiditate mărită și în special eliminarea construcțiilor metalice pentru obținerea unei etanșeități complete.

Datorită caracteristicilor lor mecanice și electrice ridicate, cele mai folosite rășini sînt cele epoxidice. Ele sînt, în special, utilizate în construcția transformatoarelor de măsură. Se prezintă construcții ale principalelor firme europene, cu caracteristicile electrice respective. Date comparative permit aprecierea reducerii gabaritelor și greutăților transformatoarelor impregnate cu rășini epoxidice față de cele obișnuite.

Rășinile epoxidice se mai folosesc și la turnarea camerelor de stingere ale întreruptoarelor cu ulei puțin. Se prezintă un astfel de tip cu capacitatea de rupere 500 MVA și pentru tensiunile 10, 20 și 30 kV.

Analog utilizarea rășinilor epoxidice în construcția descărcătoarelor tubulare creează avantajul micșorării înălțimii lor de aproape două ori.

S-a ajuns la producția în serie a izolatoarelor suport pe bază de izolație turnată pentru tensiuni pînă la 60 kV.

A.B.

Recenzii

CZ 03 : 621

LUEGER : **Lexiconul tehnic.** Deutsche Verlags-Austalt Stuttgart.

A patra ediție complet revăzută.

Lucrarea completă cuprinde trei volume de bază, 13 volume pe specialități și un volum registru. În anul 1930 a apărut ediția a treia a lexiconului Lueger în șapte volume. De la apariția acestei ultime ediții dezvoltarea tehnicii a cunoscut un permanent avînt. Folosirea energiei atomice în slujba oamenilor a pus noi probleme științelor tehnice. Noua tehnică a automaticii cercetată cu de-amănuntul a dus la rezolvarea problemelor de automatizare. Prin introducerea mașinilor electronice de calcul, tehnica a pătruns în domenii cu totul noi. Materii prime pînă nu de mult necunoscute sau din punct de vedere tehnic inutilizabile au înregistrat o dezvoltare impetuoasă deschizînd prin aceasta noi posibilități tehnice și îmbunătățind esențial vechile procedee.

A patra ediție revăzută în întregime va cuprinde 16 volume și un index. Reiese clar că editorii s-au străduit să fie la înălțimea varietății materialului tehnic. Alcătuirea acestor 16 volume demonstrează că editorii nu și-au propus rezolvarea oarecum utopică a unei inițieri universale în tehnică, ci au împărțit materiile de specialitate din punct de vedere tematic încît să corespundă practicii industriale și științifice.

Sînt tratate în volume distincte bazele teoretice ale construcțiilor de mașini și ale electrotehnicii. Un alt volum de bază se ocupă cu materiile prime utilizabile din punct de vedere tehnic.

În următoarele volume de specialitate care se bazează pe cele precedente sînt prezentate în parte diferite domenii de specialitate pe grupe : Industria minieră siderurgică (vol. IV, V), tehnica energiei și mașini de forță (vol. VIII, IX), tehnica construcțiilor (vol. X, XI), tehnica mijloacelor de transport și a circulației (vol. XII), tehnica mecanicii fine (vol. XIII, XIV), tehnica metodologică și organizarea întreprinderilor (vol. XV), tehnica industriei alimentare și a obiectelor de uz casnic (vol. XVI), index (vol. XVII). Prin aceasta se asigură — în ciuda multiplelor probleme tehnice — o viziune clară asupra fiecărui domeniu de specialitate în parte.

Au fost valorificate lucrările comitetelor de normare germane și internaționale. Trebuie subliniat faptul că în problema unităților a fost întrebuințat sistemul MKSA.

Cu primul volum al celei de-a patra ediții a lexiconului tehnic Lueger a fost realizat un lexicon nou în domeniul tehnicii mondiale, care pune la dispoziția tehnicienilor și oamenilor de știință o experiență îndelungată.

CZ 521.315.554

F. KASPAR : **Termobimetale în electrotehnică.** VEB V. Technik, Berlin 1960, 371 pag., 211 ref. bibl.

În literatura mondială de specialitate lipsesc cărți care să trateze pe o scară mai largă bimetalele întrebuințate în electrotehnică. Două cărți au apărut afară de prezenta, însă în limbi cu o circulație redusă (olandeză și poloneză). De aceea apariția prezentă întîi în limba cehă și apoi în ediție completată în limba germană umple un gol simțit de către specialiști.

Scopul autorului a fost de a prezenta o vedere de ansamblu cît mai completă asupra obiectului, atingînd aproape întreaga problematică, legată de teoria și practica bimetalelor în electrotehnică. În același timp s-a dat o mare importanță fondului tehnico-științific, a cărui pătrundere este absolut necesară pentru proiectanții și constructorii de aparate, pentru inginerii din exploatări și pentru cadrele didactice.

Materialul este împărțit în mod exemplar după un sistem zecimal care conține șase părți principale. După o scurtă introducere care se referă la definiții (a căror lipsă se resimte în multe alte manuale), la descrierea proprietăților fundamentale, la utilizarea și problematica generală a bimetalelor — prima parte — mecanica bimetalelor — se ocupă cu fenomenele îndoirii unui bimetal sub acțiunea unor forțe sau a încălzirii.

Se analizează tensiunile interne ce apar, influența încălzirii și a forțelor exterioare pentru diferite forme ale benzilor de secțiune dreptunghiulară. Se deduc relațiile cele mai importante care leagă diferiții parametri și permit precalcularea comportării benzilor în diferite condiții. Se tratează separat încălzirile mici și mai mari ale benzii inițial drepte, ale unor benzi de alte forme inițiale și intermediare, inclusiv a benzilor avînd forme geometrice, inclusiv pachetul și șaiba. Se discută modul cum se poate compensa influența temperaturii ambiante printr-o formă specială ce se dă benzilor (forma U). Această parte se încheie cu o recapitulare a ecuațiilor de bază și cu trei nomograme care permit calculul ușor al parametrilor bimetalelor cu secțiune dreptunghiulară.

Partea a doua se referă la formele principale ale mecanismelor cu bimetale. În afară de mecanismul cu clinchet aici se descriu și se examinează relee și declanșatoare cu bimetale pe baza relațiilor și curbelor caracteristice de funcționare. Se includ mecanismele cu mișcare momentană, introduse recent în multe aparate automate de cercetare.

În partea a treia se expun utilizările bimetalelor la protecția instalațiilor și aparatajului electric, ca protecția motoarelor, a conductelor în conductoare și întreruptoare automate. Linearitatea variației săgeții cu temperatura și posibilitatea încălzirii bimetalului cu același curent care încălzește și aparatul sau echipamentul respectiv invită la aplicații numeroase și eficace ale bimetalelor. Protecția termică prin acomodare la caracteristica de încălzire și utilizarea corespunzătoare a inerției termice inerente pentru a evita declanșări intempestive (de exemplu la pornirea motoarelor în scurt circuit) apar ca avantaje incontestabile ale bimetalelor. Cu toate acestea se atrage atenția suficient asupra complexității problemelor practice și asupra discuțiilor ce se poartă privitor la aplicațiile mecanismelor cu bimetale. Aici se face diferența cuvenită între declanșatoare și relee, care de multe ori se omite. Pentru calculul caracteristicii de încălzire se dau numeroase nomograme utile practicienilor.

Încălzirea și răcirea dispozitivului cu bimetal în exploatare se urmărește prin calcule minuțioase, deducîndu-se comportarea elementului bimetalic încălzit direct și indirect în cadrul protecției împotriva încălzirii excesive. Se includ solicitări intermitente și de scurtă durată, ca cele ce apar la pornirea motoarelor asincrone. Protecția motoarelor se tratează pe larg, descriindu-se diferite construcții de relee termice și funcțiunile lor în legătură cu aparatele de conectare. Urmează aceeași problematică pentru protecția liniilor și transformatoarelor.

Stabilitatea termică se calculează analitic și dintr-o nomogramă. Încălzirea bimetalelor acoperite cu cupru (pentru curenți mari) se studiază după metoda dezvoltată de N. N. Rîcalin, cunoscutul specialist sovietic în calcule electrotermice, soluțiile fiind date cu ajutorul integralei erorilor.

Urmează un capitol despre formele de execuție ale releelor și declanșatoarelor cu bimetale, în care se trec în revistă variate forme constructive cu datele lor caracteristice încheie această parte.

Partea a patra se referă la celelalte explicații ale bimetalelor în electrotehnică : în aparate casnice, în tehnica iluminatului, a măsurătorilor, a automaticii în tehnica vehiculelor și în telecomunicații. Peste tot se discută schema principială de funcționare și soluțiile tehnice uzuale pe lîngă amănuntele constructive ale diverselor aparate.

În partea a cincea se tratează construcția, fabricarea și prelucrarea bimetalelor normale și speciale.

Ultima parte e dedicată normelor și condițiilor tehnice pentru construcția, funcționarea și încercarea bimetalelor, incluzîndu-se aici în afară de normele GOST și CSR, normele germane.

O listă bogată de referințe bibliografice și un indice pe materii încheie această extrem de utilă carte, care va putea servi și bucura pe mulți ingineri și studenți.

Considerațiile teoretice sînt completate cu exemple de calcul și aplicate unor probleme concrete.

Numeroase figuri, tabele, tabele și diagrame contribuie la ilustrarea exemplară a materialului. De aceea, cartea se poate recomanda nu numai cititorilor, ci și autorilor, cărora le poate servi ca model de bună organizare și prezentare a materiei.

Dr. ing. **A. Avramescu**

ABRAM FEODOROVICI IOFFE
(1880 — 1960)

092 (Ioffe) : 537/538

La 14 octombrie 1960 şi-a întrerupt activitatea pentru totdeauna marele fizician sovietic Abram Feodorovici Ioffe, memnru al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S., Erou al Muncii Socialiste. Nu numai fizicienii şi electrotehnicienii sovietici, ci şi oamenii de ştiinţă şi tehnică din întreaga lume au primit cu adîncă durere vestea încetării din viaţă a cunoscutului savant, căruia îi pregăteau, la 29 octombrie, sărbătorirea a 80 ani de viaţă şi 55 de ani de activitate ştiinţifică şi obştească.

Abram Feodorovici Ioffe s-a născut la Romna (gubernia Poltava) în anul 1880. După terminarea liceului real din oraşul natal, a fost admis la Institutul Tehnologic din Petersburg. Arătînd un interes pasionat pentru experienţele ştiinţifice şi în special pentru fizică, după absolvirea institutului, Abram Feodorovici Ioffe merge la München, unde îşi exercita activitatea renumitul fizician experimentator V. K. Roentgen. Între anii 1902—1906 el se ocupă, sub conducerea personală a lui Roentgen, cu cercetarea proprietăţilor elastice şi electrice ale cuarţului, absolvind în acelaşi timp, în mod strălucit, Institutul de Fizică al Universităţii din München.

În 1906, declinînd propunerea lui Roentgen de a-şi continua activitatea în München, Abram Feodorovici Ioffe se întoarce la Petersburg, ca laborant la catedra de fizică a Institutului Politehnic ; colaborarea sa cu V. K. Roentgen a continuat însă pînă în 1914. În această perioadă, simultan cu studiul proprietăţilor electrice şi mecanice ale cristalelor, A. F. Ioffe s-a ocupat de cercetarea naturii luminii şi de structura corpusculară a electricităţii. Tema disertaţiei pentru obţinerea titlului de magistru în fizică, prezentată de el în 1913, o constituiau experimentele sale asupra efectului fotoelectric elementar şi asupra cîmpului magnetic al razelor catodice.

În acelaşi an 1913, Abram Feodorovici Ioffe este numit profesor de fizică la Institutul Politehnic.

Continuarea lucrărilor sale asupra proprietăţilor electrice şi optice ale cuarţului a constituit materialul unei alte disertaţii, în urma prezentării căreia, în 1915, Abram Feodorovici Ioffe primeşte titlul de doctor în fizică al Universităţii din Petersburg.

Activitatea ştiinţifică şi ştiinţifico-organizatorică a lui A. F. Ioffe cunoaşte însă o dezvoltare excepţională după Marea Revoluţie din Octombrie. El a fost unul din acei mari savanţi ruşi care, din primele zile ale instaurării puterii sovietice, s-au declarat în întregime şi fără rezerve de partea acesteia. În anul 1918, Abram Feodorovici ia parte activă la organizarea Institutului de stat de roentgenologie şi radiologie din Petersburg. Scurt timp după aceea, secţia de fizică a acestui institut, condusă de A. F. Ioffe, devine o instituţie de sine stătătoare, sub denumirea de Institutul Fizico-tehnic de Stat, care a constituit mult timp principalul centru de dezvoltare a fizicii în Uniunea Sovietică.

În 1920, Abram Feodorovici Ioffe a fost ales membru activ al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S.

În prima perioadă a activităţii Institutului de Fizică tehnică, lucrările acestuia au fost strîns legate de lucrările personale ale lui Abram Feodorovici, în special cele privind proprietăţile mecanice şi electrice ale cristalelor. Lucrările lui A. F. Ioffe în domeniul proprietăţilor mecanice, elastice şi plastice ale cristalelor sînt fundamentale în teoria modernă a rezistenţei materialelor. Cercetările sale asupra proprietăţilor substanţelor dielectrice au contribuit la lămurirea proceselor fizice care au loc în materialele izolante şi au dat posibilitatea rezolvării unui şir de probleme practice.

Prevăzînd că dezvoltarea industriei socialiste va necesita dezvoltarea intensivă a fizicii şi crearea de laboratoare uzinale, A. F. Ioffe a pus problema pregătirii cadrelor corespunzătoare. În 1919 el organizează la Institutul Politehnic o facultate fizico-mecanică, ai cărei absolvenţi au fost primii ingineri-fizicieni. Abram Feodorovici Ioffe se interesează de aplicarea fizicii nu numai în tehnică, dar şi în alte domenii, în particular în agricultură. El arăta că metodele fizice pot fi deosebit de eficace pentru rezolvarea unor probleme de mare importanţă practică, cum ar fi regimul hidro-termic al cerealelor, îmbunătăţirea structurii acestora etc. În 1932, A. F. Ioffe organizează la Leningrad un Institut Fizico-agronomic, al cărui director a fost.

În 1930, cristalizîndu-se un număr de direcţii de cercetare ştiinţifică ale Institutului de Fizică tehnică şi ca urmare a dezvoltării acestuia, Abram Feodorovici Ioffe propune reorganizarea sa. Din vechiul institut se separă ca unităţi independente Institutul de Chimie fizică şi Institutul de Electrofizică. În cadrul Institutului de fizică, tehnică, A. F. Ioffe a continuat lucrările pe următoarele patru direcţii principale : fizica nucleară, fizica polimerilor, studiul proprietăţilor mecanice ale metalelor şi fizica semiconductoarelor. Nu numai în acest ultim domeniu, dezvoltat ca urmare a lucrărilor personale ale lui Abram Feodorovici Ioffe şi prin conducerea sa directă, ci şi în celelalte trei domenii de activitate ale Institutului, personalitatea puternică a marelui savant a jucat un rol primordial. Puternica grupă de fizică nucleară, condusă de I. V. Kurceatov, A. I. Alihanov, A. A. Arţimovici a fost centrul principal de cercetare a fizicii nucleare în Uniunea Sovietică în acea perioadă. O influenţă mare a exercitat A. F. Ioffe asupra dezvoltării lucrărilor asupra fizicii polimerilor, iar lucrările asupra proprietăţilor mecanice ale metalelor sînt o continuare directă a studiilor lui A. F. Ioffe.

Din această perioadă, Abram Feodorovici Ioffe îşi concentrează forţa sa creatoare în domeniul fizicii semiconductoarelor. Atrăgînd atenţia asupra marii importanţe tehnice a acestora, A. F. Ioffe a arătat că pentru folosirea practică a semiconductoarelor este necesar studiul aprofundat al proprietăţilor lor fizice, precum şi al metodelor de acţionare în vederea modificării dirijate a acestor proprietăţi. Această orientare de larg orizont a cercetărilor, menţinută cu rigurozitate de-a lungul a 30 de ani de activitate neîntreruptă, este una dintre cauzele succeselor strălucite repurtate de şcoala sovietică de fizicieni, în frunte cu A. F. Ioffe, în domeniul fizicii semiconductoarelor.

În prima etapă s-au studiat proprietăţile electrice ale substanţelor semiconductoare. Aceste studii au permis să se lămurească natura conductibilităţii electrice intrinsece, prin electroni şi prin goluri, efectul impurităţilor şi al abaterilor de la compoziţia stoechiometrică. S-au făcut cercetări detaliate asupra efectului fotoelectric intern al oxidului de cupru. S-a studiat comportarea semiconductoarelor în cîmpuri electrice puternice.

Deosebit interes prezintă două ipoteze ştiinţifice ale lui Abram Feodorovici Ioffe, strălucit confirmate prin dezvoltarea ulterioară a teoriei şi tehnicii semiconductoarelor. Prima ipoteză se referă la mecanismul de redresare la contactul a două semiconductoare de tip diferit, n şi p. A doua ipoteză se referă la importanţa decisivă a ordinii atomice locale asupra proprietăţilor semiconductoare ale substanţelor.

Lucrările în domeniul semiconductoarelor efectuate la Institutul de Fizică tehnică în perioada antibelică au fost consacrate nu numai cercetările fizice, ci şi unui şir de aplicaţii tehnice. Au fost create fotoelemente noi cu sulfură de taliu, de mare sensibilitate; s-a elaborat tehnologia redresoarelor cuproxid şi s-au creat noi tipuri de redresoare, din, sulfură de cupru şi magneziu, pentru densităţi mari de curent. Analizînd proprietăţile termoelectrice şi termice ale semiconductoarelor, A.F. Ioffe a arătat posibilitatea folosirii practice a termoelementelor semiconductoare pentru transformarea directă a energiei termice în energie electrică şi pentru producerea economică a frigului.

În 1951, Abram Feodorovici Ioffe părăseşte direcţiunea Institutului de Fizică tehnică în vederea organizării Laboratorului de semiconductoare al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S., laborator transformat în 1954 în Institut de Semiconductoare. În ultimul deceniu, aşa cum prevăzuse A. F. Ioffe, semiconductoarele au căpătat o importanţă tehnică excepţională şi interesul pentru teoria semiconductoarelor, ca şi efortul pentru realizarea de dispozitive semiconductoare noi, a crescut puternic. A. F. Ioffe a continuat lucrările de studiere largă şi multilaterală a proprietăţilor fizice ale materialelor semiconductoare. Ca rezultat al acestor lucrări. un număr de probleme, legate de modificarea dirijată a proprietăţilor semiconductoare, au fost rezolvate. Ca exemplu citäm modificarea proprietăţilor termoelectrice şi a conductibilităţii termice a semiconductoarelor, ceea ce a permis crearea de termobaterii de mare randament, precum şi a frigiderelor cu semiconductoare.

Pentru coordonarea tuturor lucrărilor de cercetare în domeniul seminonductoarelor, Academia de Ştiinţe a U.R.S.S. a creat o comisie pentru conductoare sub conducerea lui Abram Feodorovici Ioffe.

Realizările ştiinţifice ale lui Abram Feodorovici Ioffe sînt larg cunoscute nu numai în U.R.S.S., ci în întreaga lume. Marele savant era membru de onoare al unui număr de Academii străine. La conferinţele internaţionale de fizică a semiconductoarelor, care se ţin periodic în diferite ţări, A. F. Ioffe obişnuia să prezinte referate introductive în care sintetiza rezultatele cele mai interesante ale cercetărilor ştiinţifice, indicînd totodată căile viitoare de dezvoltare a acestora. Un astfel de referat a fost ascultat cu deosebit interes de participanţii la cea de-a patra conferinţă internaţională, ţinută la Praga în august 1960, conferinţă la care pentru prima dată au luat parte şi reprezentanţi ai ţării noastre.

Rolul lui Abram Feodorovici Ioffe, de organizator al fizicii sovietice, este caracterizat cel mai bine prin crearea sub conducerea sa a unei reţele de 16 institute fizice şi fizico-tehnice, a primei facultăţi fizico-mecanice, prin activitatea sa strălucită de pedagog şi de popularizator al ştiinţei. Abram Feodorovici a fost profesorul iubit şi admirat al multor promoţii de fizicieni sovietici. Nenumăraţilor săi elevi, el s-a străduit să le transmită trăsăturile caracteristice propriei sale personalităţi: pasiunea fierbinte pentru ştiinţă şi dorinţa activă de a folosi rezultatele lucrărilor sale pentru propăşirea Patriei.

În istoria ştiinţei, numele lui A. F. Ioffe va rămîne veşnic legat de dezvoltarea fizicii corpului solid, în care a avut rolul de pionier.

Încetarea din viaţă a savantului Abram Feodorivici Ioffe este o grea pierdere, atît pentru prietenii şi colaboratorii săi apropiaţi, cît şi pentru lucrătorii ştiinţifici din toată lumea.

Ing. **Mireea Andrei**

Cronica

Realizări şi perspective în folosirea semiconductoarelor în U.R.S.S.*

Semiconductoarele reprezintă pentru fizică şi tehnică un capitol început cu zeci de ani în urmă. Proprietăţile fotoelectrice ale seleniului sînt cunoscute de mult. Era semiconductoarelor industriale s-a dezvoltat, însă, de mai puţin timp. Strîns legată de dezvoltarea industrială a acestor elemente esenţiale ale electronicii moderne, s-a dezvoltat şi îmbogăţit în ultimii 12—14 ani şi teoria legată de proprietăţile lor [4].

Pe măsură ce se descopereau noi utilizări, fizica teoretică făcea noi paşi înainte cercetînd noi proprietăţi şi mereu alte materiale.

În lumea întreagă cercetările relative la semiconductoare şi aplicaţiile lor în tehnică sînt foarte avansate. Uniunea Sovietică se plasează, însă, şi din acest punct de vedere, în fruntea tuturor.

Cercetătorii ruşi au început încă din timpul Rusiei ţariste să se preocupe de acest domeniu nou al fizicii. Cînd puterea sovietică a creat posibilităţile de cercetare extraordinare, pe care le cunoaştem, activitatea respectivă a crescut foarte mult. Astăzi — pe plan mondial — atît din punct de vedere calitativ cît şi cantitativ, cercetările şi realizările sovietice sînt la un nivel superior neatins nici în ţări cu o veche tradiţie de cercetare şi cu o puternică industrie. Numele lui Lenz, Ioffe, Lukirski şi ale altor oameni de ştiinţă sînt unanim recunoscute astăzi ca fiind ale unor pionieri şi mari realizatori în domeniul semiconductoarelor.

O apreciere a modului în care oamenii de ştiinţă sovietici participă la congresele ştiinţifice internaţionale se poate găsi uşor cercetînd, spre exemplu, activitatea unei conferinţe internaţionale, relative la fizica semiconductoarelor, ţinută la Praga în luna octombrie a acestui an [1].

Într-o secţie la care nu au participat decît cercetători din U.R.S.S., Franţa, Anglia şi S.U.A., 33% din comunicări au fost susţinute de oameni de ştiinţă sovietici. În altă secţie, la care au participat cu lucrări cercetători din zece ţări procentul respectiv a fost 20%.

Cifrele arată pregnant interesul pe care-l acordă Statul Sovietic cercetărilor în domeniul semiconductoarelor — cu implicaţii teoretice — aportul în domeniul aplicaţiilor tehnice fiind şi mai mare — şi, mai ales, elanul cu care oamenii de ştiinţă respectiv înţeleg să răspundă sarcinilor pe care le primesc.

În U.R.S.S., numai pe linie de fizica semiconductoarelor sînt antrenate colective puternice care activează în marile institute ale Academiei de Ştiinţe. Asemenea colective se găsesc la Institutul de Metalurgie din Sverdlovsk, Institutul de Inginerie Radio şi Electronică din Moscova, Institutul de Semiconductoare din Leningrad, Institutul de Fizică din Kiev şi din Tartu etc. Pe linia aplicaţiilor tehnice, numărul unităţilor de cercetare sau industriale care colaborează în acest domeniu este cu mult mai mare [1].

A. Probleme teoretice legate de studiul semiconductoarelor

Activitatea lui Ioffe, începută înainte de 1935, cunoscută şi apreciată în întreaga lume, face ca acesta să fie unanim recunoscut ca unul dintre marii pionieri în acest domeniu. Unele dintre cercetările sale legate de problema controversată a efectului cîmpului electric asupra semiconductoarelor au fost continuate ulterior de colective în componenţa cărora au intrat cercetători ca: Vul, Zavarikaia, Ciuenkov ş. a.

În legătură cu structura de bandă, trebuie citate numele următorilor oameni de ştiinţă: V. L. Bonci-Bruievici (în legătură cu problemele teoriei semiconductoarelor bazate pe existenţa mai multor feluri de purtători), Vonsovski, şi Taluk (cercetări relative la problema spectrului de energie a electronilor care interacţionează în cristalele semiconductoare),

* Rezumat al conferinţei ţinută de tov. conf. ing. *F. Lăzăreiu* la „Casa Universitarilor din Bucureşti" în cadrul manifestărilor din luna prieteniei romîno-sovietice.

Smirnov, Moijes, Deviatkova, Nensberg (cercetări în legătură cu difuzia efectivă a purtătorilor de curent din unele semiconductoare), Pikus și Bir (în legătură cu teoria potențialului de deformare pentru semiconductoarele cu structură complicată a zonelor de energie), Ksendzov, Stogova (cercetări care se referă la mecanismul de conducție în semiconductoarele feromagnetice și antiferomagnetice), Laskarev, Romanov, Baranski (efectul forțelor fotoelectrice asupra rezistenței specifice) și mulți alții în legătură cu o serie de probleme a căror număr este mai mult decît remarcabil [1], [4].

Probleme legate de proprietățile optice ale semiconductoarelor a atacat, ca un adevărat pionier și precursor, S. Vavilov care a dezvoltat teoria luminiscenței [4]. Ulterior Laskarev — din 1948 pînă în 1959 — a studiat fotoefectul în monocristale de sulfură de cadmiu propunînd și o schemă nouă pentru mecanismul fotoconductibilității în semiconductoare [1].

Un domeniu nou în care știința sovietică s-a evidențiat imediat este cel al introducerii teoriei semiconductoarelor în domeniul catalizei organice. Pe acest plan, cercetările lui Roginski, Curnakov și ale altora au adus un aport important la o adevărată revoluție în chimia-fizică contemporană.

B. Probleme de tehnologie și aplicații ale semiconductoarelor

În domeniul *termistoarelor* și *termocuplelor cu termistoare*, Boris Kolomieț (primul care a pus la punct mase termistoare în U.R.S.S.), Neciaev (cercetări relative la limitele de utilizare ale termistoarelor și metode de calcul ale schemelor și punților cu termistoare), Potapov, Ioffe, Voloșin, Kasperovici, Saskov, Soțkov, (au efectuat cercetări relative la tehnologia fabricației), Kusilev, Liosițin (aplicații în industria alimentară), Pisarenko (stabilirea relației celei mai generale a puterii termoelectrice a semiconductoarelor cu conductivitate mixtă), Vlasova, Vasenin, Cerniakova, Sudnorski, Iordanșvili, Staniskaia Gardiakova, Mitikin (cercetări legate de proprietățile termoelectrice și de structura termistoarelor) și alții au realizări care au depășit de mult granițele U.R.S.S. [2], [3].

Lukirski și L. Kubețki sînt doi cercetători sovietici care au remarcabile realizări în domeniul *celulelor fotorezistive*.

Un dispozitiv pentru multiplicarea numărului de electroni cu ajutorul semiconductoarelor și un semiconductor pentru efectul fotoelectric extern sînt două realizări mari ale celor doi oameni sovietici.

Cercetări multe și de înaltă calitate au fost făcute, în domeniul materialelor *feromagnetice semiconductoare* de către numeroși oameni de știință din U.R.S.S. O grupă importantă — analogă spinelilor — a fost creată. Una dintre importantele consecințe ale acestei realizări remarcabile este reducerea simțitoare a dimensiunilor aparatelor radiotehnice.

Începutul cercetărilor în legătură cu *materialele feroelectrice* și *piezoelectrice* a fost deschis, încă înainte de 1930 de către I. Kurceatov și P. Kobeko și apoi au fost continuate și dezvoltate de A. Rjanov, Vul ș. a. Utilizarea elementelor piezoelectrice create de oamenii sovietici la detectoarele acustice, pik-up-uri și difuzoare le-a consacrat ca materiale de o înaltă clasă, la nivel mondial [3], [4].

În materie de *redresoare* și *amplificatoare* încă din jurul anului 1930 au fost începute cercetări în Uniunea Sovietică și s-au înregistrat realizări remarcabile.

Pe linie teoretică Davîdov — confirmat ulterior de Ioffe, germanul Schottky și englezul Mott — a dat răspunsul corect la o serie de probleme teoretice care se puneau în legătură cu explicația funcționării lor. Laharev și Gubanov au extins apoi aceste teorii. Losev a realizat un oscilator de înaltă frecvență, Maslakoveț și Kolometț au creat o celulă fotoelectrică cu sensibilitatea pînă la 10 000 μA per lumen, iar Gleikhman o alta cu sulfură de argint [1].

În domeniul *semnalizării temperaturilor organelor de mașini* sînt de semnalat traductoarele și schemele realizate de Meceaev, Pinevici, Tiocenko, Udalov ș. a.

Gariainov, Koșevoi, Levin, Boronin, Skvarțeva, Sokolov, Ivanov ș. a. au realizări importante relative la utilizarea semiconductoarelor la *amplificatoarele de joasă și înaltă frecvență*.

În domeniul *compensării termice* a unui circuit electric, Meciaev, Sefteli, Soțkov ș. a. au dat realizări remarcabile. Smolianțki, Pokoșkin au dat tehnologii și montaje noi. *Relee de timp* cu termorezistențe semiconductoare au realizat Udalov și Tiocenko iar P. A. Popov s-a ocupat de *tranzistorul cu joncțiune* folosit ca distribuitor de curent.

Realizările sovietice în domeniul semiconductoarelor sînt însă mult mai numeroase iar realizările și numele amintite sînt numai o parte din tot ceea ce se poate spune în această direcție.

În ceea ce privește viitorul, este cu atît mai greu să apreciem în ce direcție se va desfășura ingeniozitatea și imaginația nestăvilită a oamenilor de știință sovietici, mai ales dacă se ține seama de faptul că pînă acum nu s-a parcurs decît o etapă scurtă în introducerea semiconductoarelor în tehnică și știință. Progrese repezi și remarcabile sînt de așteptat în următoarele domenii: producerea temperaturilor joase și înalte, concentrația energiei electrice și mecanice la înaltă frecvență, luminatul nocturn plecîndu-se de la acumularea energiei luminoase diurne, obținerea mai eftină a luminei de lungime de undă potrivită diverselor utilizări industriale, micșorarea gabaritului aparatelor de radio și automatică, semnalizarea ungerii și a mersului defectuos a motoarelor, transformarea energiei nucleare în electrică etc.

În țara noastră cercetările în domeniul semiconductoarelor sînt într-un stadiu incipient. Cu toate acestea, folosind cuceririle tehnicii mondiale și în primul rînd ale tehnicii sovietice, s-au obținut unele succese în ICECHIM, ICET, Electronica și IFB. Crearea în prezent la Uzinele Electronica a bazei materiale pentru producția dispozitivelor cu semiconductoare de tipul diodelor și tranzistoarelor cu germaniu și utilizarea lor în practică, pe scară largă, constituie premisele unui puternic avînt al dezvoltării acestei tehnici și în R.P.R.

Bibliografie

[1] Abstracts international Conference on Semiconductor. Physics, Prague, 1960.

[2] *Voloșin I. F.* ș. a.: Termistoare semiconductoare. Minsk, Akademia Nauk B.S.S.R., 1959.

[3] *Seftel J. T.*: Termorezistențele, caracteristici, construcție și domenii de utilizare. Gosizdat fiziko-matematiceskoi literaturî, Moskva, 1958.

[4] *Cjen-Te-Min*: Industria și aplicațiile semiconductoarelor. Diansin, (1959) 1, 7—10.

Conf. ing. F. Lăzăroiu

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU, prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, prof. dr. ing. A. AVRAMESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R. (redactor responsabil), ing. V. BUNEA, laureat al Premiului de Stat, prof. dr. ing. V. CORLĂȚEANU, ing. ȘT. GROSU conf. ing. GH. HORTOPAN, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. G. LAZARIDE, prof. dr. ing. R. RĂDULET, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat.

Revista „ELECTROTEHNICA", organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Grele. Editor: Asociația Științifică a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. Redacția și Administrația: București, Str. Ion Ghica, nr. 3. Telefon 14.15.95—14 06 24. Redacția își rezervă toate drepturile privind lucrările precum și materialul grafic-ilustrativ apărut în revistă, cît și privitoare la traducerea în limbi străine. Se admit extrase, referate sau comentarii numai cu indicarea completă a sursei. Revista apare lunar. Abonamentul anual: pentru întreprinderi lei 100, individuale lei 30. Prețul unui exemplar: lei 5. Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediile filialelor ASIT, precum și la responsabilii cu presa din cercurile ASIT. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinetele tehnice în contul nostru de virament: Publicațiile Tehnice ASIT-070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin București. Tiparul: Întreprinderea Poligrafică Nr. 2. — c. 3895

INHALT

DK 538 : 621.316.5.0_7.8 (47)

Hortopan Gh. **Neue Errungenschaften der sowjetischen Wissenschaft und Tehnik auf dem Gebiete der Hochspannungsapparatur**

Electrotehnica 8 (1960) 11, 373–377

DK 621.312 :621.315.2 + 621.315.6 (498)

Pîrcioagă V.: **Verwirklichungen und Entwicklungsaussichten des Werkes für Kabel und elektrische Isolierstoffe**

Electrotehnica 8 (1960) 11, 377–379

DK 621.318.33.001.2

Cosmin Gh. : **Die Bestimmung der günstigten Bemessung von Elektromagneten für Einphasenwechselstrom**

Electrotehnica 8 (1960) 11, 379–385

Es wird eine Formel für die Selbstkosten der Elektromagneten für Einphasenwechselstrom als Funktion verschiedener Parameter abgeleitet und dadurch deren günstigsten Werte bestimmt. Es wird dabei bewiesen, dass der wichtigste Parameter die Induktion ist und dass diese den Wert von 1,3 T nicht überschreiten darf.

DK 621.319.4.029.45 :621.365.5

Bercu A., Podani E.: **Kondensatoren für Wärmebehandlungs-Anlagen bei 8000 Hz**

Electrotehnica 8 (1960) 11, 385–391

Nach dem man den gegenwärtigen Stand dieses Problems in der Welttechnik darlegt, werden die Berechnung, der Bau und die Betriebsversuche einer neuen, im Elektrotechnischen Forschungsinstitut hergestellten Kondensatortype für Wärmebehandlungen bei 8 000 Hz dargestellt.

Dabei wird gezeigt dass dieses neue rumänische Erzeugnis in Bezug auf seine technisch-wirtschaftlichen Kenziffern dem neuesten Stande der Welttechnik gleichkommt.

FUR DEN JUNG INGENIEUR

DK 621.327.43 :628.972.3

Prisăcaru V. : **Die Bestimmung der Beleuchtungsstärke be rechteckigen Schirmen**

Electrotehnica 8 (1960) 11, 391–396

Es wird eine Reihe von Beziehungen, welche die Bestimmung der Beleuchtungstärke bei rechteckigen Schirmen erlauben, abgeleitet. Dabei geht man von einer Mindestbeleuchtung aus, welche die Normen für einen bestimmten Punkt der Arbeitsfläche vorschreiben. Zum Schluss zeigt ein Zahlenbeispiel die Anwendungsweise der abgeleiteten Formeln.

KURZBERICHTE

DK 621.318.33.001.24

Barbu I.: **Die Optimale Auslegung von Flachspulen zur Erzegung von Magnetfeldern**

Electrotehnica 8 (1960) 11, 396–398

Durch Anwendung einer Methode zur Berechnung und zum Entwurf einer der im Helmholtz-Stäblein — Koerzimeter eingebauten Spule ähnlichen hohen Magnetspule, wird bei gleichem Fluss eine Kupfer- und Energie—Ersparnis von etwa 40% erzielt. Dabei wird eine vom Verfasser abgeleitete einfache und genaue Formel zur Berechnung des Magnetfeldes angewandt.

RUNDSCHAU, 397–400

BUCHER, 401

NACHRICHTEN, 402–404

621.3 ELECTROTEHNICĂ GENERALĂ

CZ 621.3.012.8 : 537.529 : 537.226

Veverka, A., Bartak, A. :
Un model energetic al unui dielectric în timpul unei descărcări corona într-un interstiţiu de grosime constantă.
Elektrotechn. Obz. **49** (1960) 8, 393—398, 12 fig., 3 tab., 4 ref.

CZ 621.3.014 : 621.3.066.6

Holm, R. :
Teoria repartiţiei inegale a curentului la contactul în aer între perii de cărbune şi inele colectoare de cupru sau oţel
Elektrotechn. Z. ed. A **81** (1960) 16, 570—571, 5 ref.

CZ 621.3.014 : 621.313.2

Binder, K. :
Condiţiile limită pentru formarea arcurilor în momentul comutaţiei. Elektrotechn. Z. ed. A **81** (1960) 16, 558—562, 13 fig., 7 ref.

621.313 MAŞINI ELECTRICE

CZ 621.313.017.3

Provaznik, F. :
Pierderile de pulsaţie ale unei maşini electrice la mersul în gol.
Elektrotechn. Obz. **49** (1960) 8, 399—404, 2 fig., 2 tab.

CZ 621.313.1—213.3 : 621.3.017.72

Zapasnik, R. :
Trecerea căldurii de la tole la corp în motorul capsulat cu răcire prin ventilator.
Przegl. Elektrotechn. **36** (1960) 6, 236—237, 1 fig., 1 tab., 5 ref.

CZ 621.313.322. : 621.316.721/722

Matejk, J. :
Reglajul tensiunii şi curentului în generatoarele cu magneţi permanenţi.
Elektrotechn. Obz. **49** (1960) 7, 356—359, 6 fig.

621.314.1/3. TRANSFORMATOARE ELECTRICE

CZ 621.314.2 : 621.316.313

Valès J., Kopecek, J., Hrbek, B. :
Un model de transformator de foarte înaltă tensiune cu izolaţie înfăşurată şi încercarea lui.
Elektrotechn. Obz. **49** (1960) 7, 350—355, 10 fig., 8 ref.

CZ 621.314.2.045.014.32

Schramm, H. :
Construcţie rezistentă la scurtcircuit a înfăşurărilor de transformatoare.
Elektr. Maschine **39** (1960) 7, 198—203, 1 fig.

621.315 TRANSMISIA ENERGIEI ELECTRICE

CZ 621.315.018.6

Kaminski, A. :
Metode grafice pentru verificarea stabilităţii dinamice a sistemelor interconectate.
Energietechn. **10** (1960) 5, 204—208, 7 fig.

621.315.61/.62 MATERIALE IZOLANTE. IZOLATOARE

CZ 621.315.61 : 621.312

Kelemen, A., Magyar, H.L. :
Un nou izolant de clasă B în industria electrotehnică.
Elektrotechnika **53** (1960) 5—6, 232—234, 1 diagr., 3 tab.

CZ 621.315.612.2.027.3 : 666.593

Lidmanowski,W., Boguslawski, S., Cyrancwicz, K., Fekecz, J. :
Cercetări asupra compoziţiei şi tehnologiei porţelanului pentru echipamentul de înaltă tensiune.
Przegl. Elektrotechn. **36** (1960) 6, 227—231, 5 fig., 2 tab., 18 ref.

CZ 621.315.626.1.027.63

Kara, A. :
O nouă formă a izolatoarelor de trecere pentru 30 kV,
Elektrotechnika **53** (1960) 5—6, 243—246, 5 fig.

621. 316.1 DISTRIBUŢIA ENERGIEI ELECTRICE

CZ 621.316.267.014.3

Drobohlav, M. :
Efectele dinamice ale curenţilor de scurtcircuit asupra construcţiilor de susţinere pentru instalaţii exterioare.
Elektrotechn. Obz. **49** (1960) 8, 405—410, 5 fig., 4 tab., 5 ref.

CZ 621.316.11.018.41

Hälscher, W. :

Legătura dintre frecvenţele proprii ale reţelelor şi frecvenţele curentului de compensaţie al condensatorului.

Energietechnik **10** (1960) 5, 193—203, 12 fig., 4 tab., 12 ref.

621.316.5 APARATAJ ELECTRIC

CZ 621.316.57.001.5

Salmon, G.C. :

Echiparea unei staţii de încercări la puterea de rupere.

Consulting Eng. **17** (1960) 6, 108—111, 5 fig.

621.316.7 REGLAJ

CZ 621.316.72 :621.313.322

Pigler, F. :

Consideraţii fundamentale asupra reglajului tensiunii maşinilor sincrone.

Energie und Technik **12** (1960) 6, 192—196, 7 fig.

621.316.9 PROTECTIE

CZ 621.316.933.027.2

Vilim, J., Batka, V. :

O nouă variantă a unui aparat de protecţie a izolaţiei în reţelele de joasă tensiune.

Elektrotechn. Obz. **49** (1960) 8, 413—416, 9 fig.

CZ 621.316.9 : 621.316.925.4

Schmitz, O. :

Supravegherea centralizată a punerilor la pământ şi deconectarea automată în cazul punerilor la pământ în reţele de joasă tensiune din subteran.

Techn. Übermachung **1** (1960) 7, 279—281.

CZ 621.316.98/.94.015.3

Bader, J., Czagacbanian, H. :

Protecţia instalaţiilor de foarte înaltă tensiune faţă de supratensiunile exterioare şi interioare.

Elecktrotechn. Z. **31** (1960) 16, 549—558, 17 fig., 23 ref.

CZ 621.316.925.43.027.3

Sobolik, J. :

Automate de protecţie utilizate în reţelele urbane de înaltă tensiune.

Energetika **10** (1960) 7, 340—344, 7 fig., 3 fer.

CZ 621.304.823

Górnicki, J. :

Problema eliminării perturbaţiilor produse de maşinile şi echipamentul electric.

Przegl. Elektrotechn. **36** (1960) 6, 238—243, 34 fig., 5 tab., 1 ref.

621.317 MĂSURĂRI ELECTRICE

CZ 621.317.32 · 624.317.728

Claussnitzer, W. :

Reguli pentru măsurarea tensiunii cu eclatoare cu sfere legate unipolar la pământ.

VDE 0433 partea 2/...60 proiect. Elektrotechn. Z ed. A **31** (1960) 16 , 576—577.

CZ 621.317.431

Malanowski, K. :

Un circuit pentru măsurarea buclei dinamice de histerezis.

Pomiary Automatyka Kontrola **6** (1960) 7, 272—273, 4 fig., 2 ref.

621.317.7 APARATE DE MĂSURĂ

CZ 621.317.7.016.34

Stolarski, E. :

Protecţia instrumentelor de măsură împotriva suprasarcinilor.

Pomiary Automatyka Kontrola **6** (1960) 7, 271, 2 fig.

CZ 621.317.79.014.3

Richard, L. :

Contoare de supratensiuni pentru reţele de înaltă tensiune.

Bull. Soc. Royale Belge Electr. **76** (1960) 2, 127—152, 24 fig., 2 tab.

621.318.1 MATERIALE MAGNETICE

CZ 621.318.22

Jancke, H. :

Materiale magnetice moi nemetalice.

Radio und Fernsehen **9** (1960) 13, 420—423, 17 fig., 2 tab., 4 ref.

INSTRUMENTE DE MĂSURĂ ELECTRONICE
pentru toate ramurile științei și industriei

EXPORTĂ:

METRIMPEX

INTREPRINDERE UNGARĂ DE COMERȚ EXTERIOR PENTRU PRODUSELE INDUSTRIEI DE INSTRUMENTE

Adresa pentru scrisori: BUDAPESTA, CĂSUȚA POȘTALĂ 202 UNGARIA
Adresa telegrafică: INSTRUMENT BUDAPEST

Ingineri şi tehnicieni

Apar :

Revistele tehnice de specialitate, elaborate de Asociaţia Ştiinţifică a Inginerilor şi Tehnicienilor, aduc la cunoştinţă cadrelor tehnice din producţie, învăţământ, cercetare şi proiectare, ultimele realizări obţinute în ştiinţele tehnice din ţară şi străinătate.

AUTOMATICA ŞI ELECTRONICA
CELULOZĂ ŞI HÎRTIE
ELECTROTEHNICA
ENERGETICA
HIDROTEHNICA
INDUSTRIA LEMNULUI
INDUSTRIA TEXTILĂ
INDUSTRIA UŞOARĂ
METALURGIA ŞI CONSTRUCŢIA DE MAŞINI
PETROL ŞI GAZE
REVISTA CONSTRUCŢIILOR ŞI A MATERIALELOR DE CONSTRUCŢII
REVISTA DE CHIMIE
REVISTA INDUSTRIA ALIMENTARĂ – PRODUSE ANIMALE
REVISTA INDUSTRIA ALIMENTARĂ – PRODUSE VEGETALE
REVISTA MINELOR
REVISTA PĂDURILOR
REVISTA TRANSPORTURILOR
TELECOMUNICAŢII

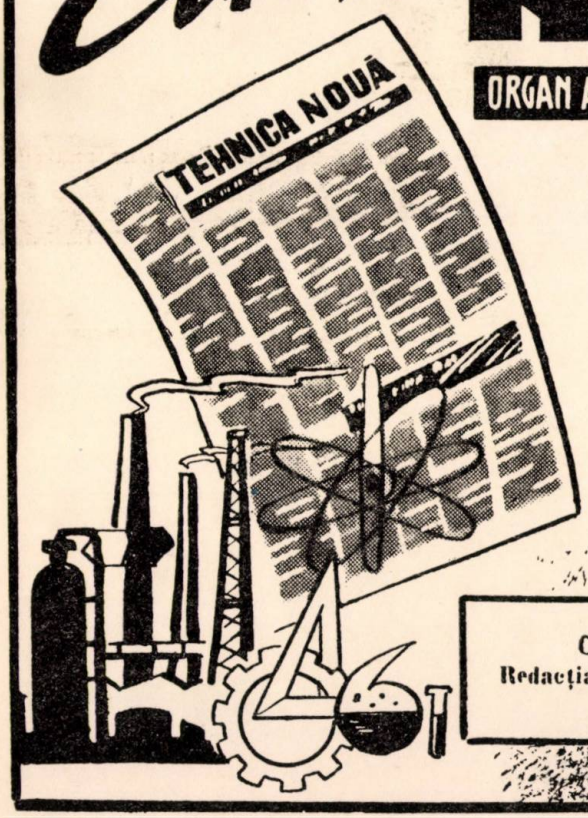
Un abonament anual pentru ingineri şi tehnicieni lei 30, pentru biblioteci, instituţii, cabinete tehnice etc. lei 100, prin cont virament nr. 070124 B.R.P.R.-Filiala I.V. Stalin

Abonamentele se primesc la sediul Consiliului Central ASIT
Bucureşti — Calea Victoriei Nr. 118 — Raionul I. V. Stalin — Telefon 14-06-24.

Citiţi

TEHNICA NOUĂ

ORGAN AL ASOCIAŢIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR



Vă informează

SĂPTĂMÎNAL ASUPRA ULTIMELOR REALIZĂRI TEHNICE DIN ŢARĂ ŞI STRĂINĂTATE

COSTUL UNUI ABONAMENT ANUAL: 26 LEI
Redacţia şi administraţia: Bucureşti, Calea Victoriei 118
Telefon 13.27.60 – 14.06.24

E 2040

REFERALVA

ELECTROTEHNICA

12

Electrotehnica — București ★ Anul 8 ★ nr. 12 ★ p. 405 — 444 ★ decembrie 1960

Generator de semnale pentru exploatare Model 1166

Aparatul se deosebeşte de generatoarele de semnale obişnuite prin faptul că poate fi utilizat şi ca undametru heterodină; el posedă în interior şi un oscilator propriu de etalonare. Domeniul de frecvenţă 100 kHz—30 MHz, repartizate în cinci benzi.

Exportă:

METRIMPEX

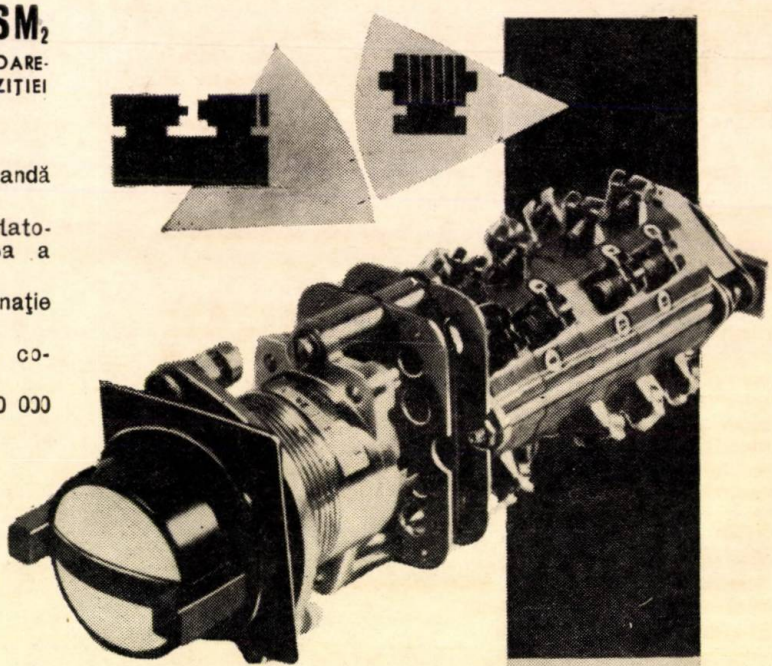
Întreprindere ungară de comerţ exterior pentru produsele industriei de instrumente

Adresa:
BUDAPEST 62, CĂSUŢA POŞTALĂ 202, UNGARIA
Adresa telegrafică: INSTRUMENT BUDAPEST

COMUTATOR DE COMANDĂ SM_2

PENTRU COMANDA ÎNTRERUPTOARELOR ŞI SEPARATOARELOR ŞI PENTRU SUPRAVEGHEREA ŞI INDICAREA POZIŢIEI ACESTORA PE SCHEME OARBE SAU LUMINOASE

- Reglaj comod al întreruptorului indicator.
- Întreruptor rotativ cu presiune pentru comandă Întreruptor rotativ pentru control.
- Semnal luminos în cazul cînd poziţia comutatorului de control nu corespunde cu cea a întreruptoarelor respective.
- Posibilitatea semnalizării acustice în combinaţie cu relee intermediare.
- 2 declanşatoare, 2 anclanşatoare pentru comandă, 4 comutatoare pentru semnalizare.
- Durata de exploatare a aparatului: 10 000 comutări.



În afară de acestea mai producem:

Aparate de întrerupere • Instrumente de măsură • Relee • Redresoare

Vă rugăm să cereţi prospecte detaliate

VEB — ELEKTRO — APPARATE — WERKE

Berlin — Treptow, Hoffmannstr. 15 — 26

Rominia: Ambasada Republicii Democrate Germane în Republica Populară Romînă, Secţia Comercială — Bucureşti, Calea Dorobanţilor 14

ELECTROTEHNICA

Anul 8 nr. 12 decembrie 1960

CUPRINS

Crişan I.: **Industria electrotehnică factor important în realizarea planului de electrificare**
Electrotehnica 8 (1960) 12, 405–408

CZ 621.313.322—81 : 621.3.017.7
Nicolaide A.: **Incălzirea rotoarelor masive ale maşinilor sincrone la funcţionarea asincronă**
Electrotehnica 8 (1960) 12, 409–416

Se studiază încălzirea rotoarelor masive ale maşinilor sincrone la funcţionarea asincronă tranzitorie şi anume pornire în asincron sau apariţie de sarcină nesimetrică. Se stabilesc relaţii de calcul destul de simple, care nu sînt cunoscute în literatura de specialitate şi care permit să se determine încălzirea rotorului în regimurile de funcţionare examinate. Astfel se poate aprecia dacă funcţionarea asincronă tranzitorie a unei maşini sincrone cu rotorul masiv este sau nu admisibilă în ceea ce priveşte încălzirea rotorului. De asemenea, se compară rezultatele calculului cu rezultatele încercărilor experimentale şi se constată o concordanţă satisfăcătoare.

CZ 621.316.57.018.33
Hortopan Gh.: **Analizorul de reţea pentru studiul fenomenelor tranzitorii**
Electrotehnica 8 (1960) 12, 417–425

Se prezintă următoarele probleme legate de funcţionarea întreruptoarelor în reţelele de înaltă tensiune:
— aspectul teoretic al definirii capacităţii de rupere a unui întreruptor;
— analiza succintă a posibilităţilor de determinare a oscilaţiei tensiunii de restabilire la bornele întreruptorului;
— aspectul teoretic al modelării dinamice a reţelei în scopul reproducerii oscilaţiei tensiunii de restabilire;
— propuneri în legătură cu realizarea unui model dinamic de reţea pentru studiul fenomenelor tranzitorii, care apar la deconectarea întreruptoarelor.

CZ 621.316.5.066.6 : 621.315.5
Avramescu A., Barbu I., Fugaru C.: **Materiale pentru contacte de întrerupere rezistente la uzură**
Electrotehnica 8 (1960) 12, 426–436

După o scurtă trecere în revistă a solicitărilor crescînde la care sînt supuse contactele electrice în aparatele de întrerupere de joasă tensiune se examinează parametrii materialelor de contact şi fenomenele fizice care apar la manevrarea contactelor în exploatare. Se dau indicaţii mai ales sub formă de tabele asupra criteriilor pentru alegerea celui mai potrivit material, avînd în vedere o destinaţie dată. Se comunică rezultatele unor cercetări privind structura intimă a unor contacte din metale şi aliaje, realizate la ICET.

NOTE

CZ 621.34 : 677.21.054
Vazdăuţeanu V., Seracin E.: **Unele probleme privind acţionarea electrică a războaielor de ţesut**
Electrotehnica 8 (1960) 12, 436–439

Se prezintă cercetări bazate pe încercări experimentale privind următoarele probleme legate de acţionarea războaielor de ţesut:
— metoda de determinare a curbei de variaţie a cuplului la arborele motorului de acţionare şi a componentelor acestui cuplu. Influenţa diferitelor organe în mişcare asupra curbelor de variaţie a cuplului;
— posibilităţi de a reduce cuplul şi de a apropia limitele între care variază acesta.

DOCUMENTARE, 439—442

CRONICA, 442

CONTENTS

Crişan I. : **Electrical engineering a main item to complete the plan for electrification**

Electrotehnica (1960) 12, 405–408

DC 621.313.322—81 : 621.3.017.7

Nicolaide A. : **Heating of the massive rotors of synchronous machines on asynchronous operating**

Electrotehnica 8 (1960) 12, 409–416

The heating is studied of the massive rotors of synchronous machines in transient asynchronous operation, namely in asynchronous starting and occurring of non-symmetrical load. Sufficiently simple calculating relationships are established, which are not known in the speciality literature and which permit to determine the heating of the rotor in the investigated running conditions. In this way it is possible to judge whether the transient asynchronous operation of a synchronous machine with a massive rotor is admissible or not, as concerns the heating of the rotor. At the same time, the results of the calculus are compared with the results of experimental testings and a satisfactory conformity is being ascertained.

DC 621.316.57.018.33

Hortopan Gh. : **The electrical network analyser for studying transient phenomena**

Electrotehnica 8 (1960) 12, 417–425

Following problems related to the operation of switches in high voltage networks are presented :

— the theoretical item of defining the breaking capacity of a switchgear ;

— a brief analysis of the possibilities of determining the transient of the reestablishment voltage at the switch marginals ;

— the theoretical item of dynamic network modelling, with the purpose of reproducing the transient of the reestablishment voltage ;

— suggestions in connection with the achievement of a dynamic network modell for the study of transient phenomena arising on breaker operation.

DC 621.316.5.066.6 : 621.315.5

Avramescu A, Barbu I., Fugaru C. : **Materials for wear resistant switching-off contacts**

Electrotehnica 8 (1960) 12, 426–436

After briefly reviewing the growing stresses to which electrical contacts in low voltage switchgear undergo, the authors examine the parameters of contact material and the physical phenomena arising on manoevering contacts. Indications are given, particularly under the form of tables, concerning criteria for the choice of the most suited material, taking into consideration a given destination. The results of certain research activities concerning the structure of some contacts out of metals and alloys, achieved at the Electrical Engineering Research Institute — ICET — are reported.

NOTES

DC 621.34 : 677.21.054

Văzdăuţeanu V., Seracin E. : **Some problems concerned with the electrical drive of weaving looms**

Electrotehnica 8 (1960) 12, 436–439

Some investigations are presented based on experimental tests concerning following problems, related to the weaving looms driving :

— the method of determining the torque variation curve, at the driving motor shaft and the components of this torque The influence of the different organs in motion upon the torque variation curve ;

— the possibilities of reducing the torque and of restricting the limits within which this torque varies.

DOCUMENTATION, 439—442

CHRONICLE, 442

СОДЕРЖАНИЕ

Кришан И.: **Электротехническая промышленность — важный фактор в выполнении плана по электрификации**

Электротехника 8 (1960) 12, 405–408

ДК 621.313.322—81 : 621.3.017.7

Николаиде А.: **Нагрев массивных роторов синхронных машин при асинхронной работе**

Электротехника 8 (1960) 12, 409–416

Изучен нагрев массивных роторов синхронных машин в асинхронном переходном режиме, а именно пуск в асинхронном режиме и появление несимметричной наргузки. Установлены простые расчетные соотношения, не приведенные в специальной литературе, которые позволяют определить нагрев ротора в рассмотренных режимах работы. Так можно оценить, допустима ли переходная асинхронная работа синхронной машины с массивным ротором с точки зрения нагрева последнего. При сопоставлении расчетных результатов с результатами опытных испытаний установлена хорошая сходимость.

ДК 621.316.57.018.33

Хортопан Г.: **Сетевой анализатор для изучения переходных явлений**

Электротехника 8 (1960) 12, 417–425

Представлены следующие вопросы, связанные с работой выключателей в сетях высокого напряжения:

— Теоретический аспект определения разрывной способности выключателя.

— Краткий анализ возможностей определения колебания восстановительного напряжения на зажимах выключателя.

— Теоретический аспект динамического моделирования сети с целью воспроизводства колебаний восстановительного напряжения.

— Предложения относительно создания динамической модели сети для изучения переходных явлений, возникающих при выключении выключателей.

ДК 621.316.5.066.6 : 621.315.5

Аврамеску А., Барбу И., Фугару К.: **Материалы для прерывающих контактов, выносливых в эксплуатации**

Электротехника 8 (1960) 12, 426–436

После краткого обзора увеличивающихся нагрузок, на которые подвержены контакты в прерывателях низкого напряжения, рассматриваются параметры контактных материалов и физические явления, возникающие при эксплуатации контактов. Даны указания, главным образом, в виде таблиц относительно критериев выбора наиболее подходящих материалов, учитывая их определенное назначение. Сообщены некоторые результаты исследований интимной структуры контактов из металлов и сплавов, изготовленных в ИЧЕТ.

ДК 621.34 : 677.21.054

Вэздеуцяну В., Серачин Е.: **Некоторые вопросы электропривода ткацких станков**

Электротехника 8 (1960) 12, 436–439

Представлены исследования, в основу которых положены опытные испытания по следующим вопросам, связанным с приводом ткацких станков:

— метод определения кривой колебания момента на валу приводного двигателя и компонентов этого момента. Влияние различных органов в движении на кривую колебания момента.

— возможности снижения значения момента и сокращения пределов его колебания.

ДОКУМЕНТАЦИЯ, 439–442

ХРОНИКА, 442

SOMMAIRE

Crişan I.: **L'Industrie électrique, facteur important pour la réalisation du plan d'electrification**
Electrotehnica **8** (1960) 12, 405–408

CD 621.313.322—81 : 621.3.017.7

Nicolaide A.: **Echauffement des inducteurs massifs des machines synchrones pendant le fonctionnemement en asynchrone**
Electrotehnica **8** (1960) 12, 409–416

On étudie l'échauffement des inducteurs massifs pendant le fonctionnement transitoire en asynchrone c.a.d. au démarrage en asynchrone ou lors de l'apparition d'une charge non-symétrique. L'auteur donne des relations de calcul assez simples mais encore ignorées par la littérature de spécialité et qui permettent de déterminer l'échauffement de l'inducteur pour les régimes de fonctionnement exposés. On peut ainsi apprécier si le fonctionnement transitoire en asynchrone d'une machine synchrone à inducteur massif est ou n'est par admissible lorsqu'il s'agit de l'échauffement de l'inducteur. On compare aussi les résultats du calcul avec les résultats des essais et on constate une concordance satisfaisante.

CD 621.316.57.018.33

Hortopan Gh.: **Analyseur de réseau pour l'étude des phénomènes transitoires**
Electrotehnica **8** (1960) 12, 417–425

On présente les problèmes suivants qui se rapportent au fonctionnement des interrupteurs dans les réseaux de haute tension :

— l'aspect théorique de la définition de la capacité de rupture d'un interrupteur ;

— l'analyse succincte des possibilités de détermination de l'oscillation de la tension de rétablissement aux bornes de l'interrupteur ;

— l'aspect théorique du modelage dynamique du réseau dans le but de reproduire l'oscillation de la tension de rétablissement ;

— des propositions sur la réalisation d'un modèle dynamique de réseau pour l'étude des phénomènes transitoires qui apparaissent lors de la déconnexion des interrupteurs.

CD 621.316.5.066.6 : 621.315.5

Avramescu A., Barbu I., Fugaru C.: **Matériaux pour des contacts d'interruption qui soient résistants à l'usure**
Electrotehnica **8** (1960) 12, 426–436

Après avoir passé brièvement en revue les sollicitations toujours plus grandes qui s'appliquent aux contacts électriques des appareils d'interruption de basse tension, les auteurs examinent les paramètres des matériaux de contact et les phénomènes physiques qui apparaissent lors du fonctionnement des contacts pendant l'exploitation. Ils donnent des indications, surtout sous forme de tableaux, sur les critériums qui déterminent le choix des meilleurs matériaux. On expose aussi les résultats des recherches concernant la structure intime de certains contacts métaliques et d'alliages, réalisés à l'I.C.E.T.

NOTES

CD 621.34 : 677.21.054

Văzdăuţeanu V., Seracin F.: **Certains problèmes concernant la commande électrique des métiers à tisser**
Electrotehnica **8** (1960) 11, 436–439

On présente des recherches basées sur des essais expérimentaux concernant les problèmes suivants se rapportant à la commande des métiers à tisser :

— La méthode de determination de la courbe de variation du couple de l'axe du moteur d'entraînement et des éléments qui composent ce couple.

— L'influence des différents organes en mouvement sur la courbe de variation du couple.

— Possibilités de réduire la valeur du couple et de rapprocher les limites entre lesquelles celui-ci varie.

DOCUMENTATION, 439–442

CHRONIQUE, 442

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ȘI AL MINISTERULUI INDUSTRIEI GRELE

Anul 8 nr. 12 București, decembrie 1960

MŰSZAKI KÖNYVTÁR 1961

Industria electrotehnică factor important în realizarea planului de electrificare

Ion Crișan – București

Sărbătorirea a 10 ani de la aprobarea planului de electrificare inițiat de Partidul clasei muncitoare precum și realizarea prevederilor acestui plan înainte de termen, prilej de adîncă satisfacție pentru toți lucrătorii din ramura energetică și electrotehnică, ca și pentru marea masă de oameni ai muncii, dă prilejul trecerii în revistă a importantului aport adus de industria electrotehnică românească la măreața operă de electrificare a țării.

Dezvoltarea unei producții proprii de mașini și aparate electrice a fost considerată pe bună dreptate ca o condiție necesară pentru asigurarea progresului tehnic în toate ramurile economiei. Succesele obținute în industrializarea socialistă a țării noastre, succese scoase în evidență în dezbaterile Congresului al III-lea al Partidului, au confirmat justețea politicii economice a Partidului nostru. Între aceste succese crearea industriei electrotehnice românești și dezvoltarea acestei industrii pînă la nivelul atins astăzi, reprezintă un factor important al progresului rapid și multilateral înregistrat în țara noastră în ultimii 10 ani. Într-adevăr, tendința actuală a tehnicii presupune echiparea instalațiilor industriale cu un volum din ce în ce mai mare de mașini și aparate electrice astfel încît ponderea produselor electrotehnice în ansamblul investițiilor de orice fel este în continuă creștere.

În mod particular realizarea planului de electrificare și atingerea în 1960 a unei producții de energie electrică de 7 ori mai mare decît în 1938, construcția sistemului energetic național care reunește toate centralele electrice legîndu-le de centrele de consum, realizarea acestor obiective cu un volum de investiții cu 5,5 miliarde lei mai mic decît prevederile inițiale, toate aceste realizări ar fi fost în mod evident frînate dacă în același timp nu s-ar fi creat o bază proprie de producție de materiale electrotehnice.

Într-un ritm deosebit de rapid au fost construite și echipate numeroase întreprinderi electrotehnice, specializate pe profilul vast al acestei industrii.

Încă de la începutul activității sale, industria electrotehnică a pus în fabricație un sortiment larg de produse care au echipat cele mai importante dintre obiectivele industriale realizate în acești ani. In primul rînd accentul a fost pus pe realizarea acelor sortimente care determinau dezvoltarea ramurilor industriale hotărîtoare pentru întreaga economie și în mod special pe realizarea echipamentului necesar electrificării țării. Încă din anul 1949 din primul an de economie planificată, întreprinderile electrotehnice au început să fabrice în serie și să livreze șantierelor pe care se realiza programul de electrificare, cantități din ce în ce mai mari de echipament electrotehnic. În cursul acestui an (1949) fabrica de mașini electrice „Dinamo" a început să producă în serie și să livreze transformatoare de forță și aparataj de înaltă tensiune servind în același timp ca o importantă școală pentru calificarea și specializarea constructorilor de mașini și aparate electrice de care are nevoie în viitorul imediat.

În continuare s-a dat o importanță deosebită creerii unei baze puternice de producție a echipamentului electrotehnic greu. În acest scop a

* Ing. *I. Crișan*, laureat al Premiului de Stat, este director în Direcția Generală a Industriei Electrotehnicii din Ministerul Industriei Grele.

fost echipată și dată în funcțiune în anul 1950 fabrica Electroputere de la Craiova, uzină care a însușit treptat producția de transformatoare și aparataj de înaltă tensiune, preluînd în scurtă vreme asupra sa acoperirea întregului necesar al economiei la aceste sortimente. Paralel, mergîndu-se pe linia profilării și specializării, au fost construite și echipate un număr important de întreprinderi electrotehnice, destinate a acoperi fiecare cîte un domeniu de specialitate. Fabricile de motoare electrice „Electroputere" și „Electroprecizia", fabrica de aparataj de joasă tensiune „Electroaparataj" fabrica de aparate de măsură și echipament de telecomunicații „Grigore Preoteasa", fabrica de aparate de radio recepție „Electronica", fabrica de cabluri, noua fabrică de materiale electroizolante, fabrica de izolatoare ceramice de la Turda au asigurat prin producția lor acoperirea de către industria electrotehnică romînească, în măsură din ce în ce mai mare a cerințelor crescînde ale economiei.

Un element deosebit de important în dezvoltarea industriei electrotehnice, a fost faptul că în același timp cu dezvoltarea unităților noi și cu echiparea lor cu mașini și instalații moderne, a fost creat și a crescut continuu fondul de cadre tehnice de specialitate, necesare ducerii la bun-sfîrșit a muncii de concepție tehnică absolut necesară asigurării unui progres tehnic continuu.

Folosind din plin ajutorul dezinteresat al Uniunii Sovietice, în scurtă vreme întreprinderile electrotehnice au fost în măsură să stăpînească prin cadrele de muncitori de înaltă calificare, tehnicieni și ingineri de specialitate cele mai grele probleme constructive și tehnologice din sectorul lor de activitate. Numeroase produse de mare răspundere au fost realizate pentru prima dată în țară, fiind proiectate în noile fabrici ale industriei electrotehnice și au dat rezultate bune în exploatare. Creșterea acestui fond de cadre a însemnat o confirmare de netăgăduit a politicii de industrializare socialistă a Partidului nostru și a dovedit încă odată că lipsa așa numitei „tradiții industriale", nu poate constitui o frînă în dezvoltarea economică a unei țări socialiste, chiar într-un domeniu așa de special ca cel al industriei electrotehnice.

Un alt factor important în dezvoltarea industriei electrotehnice a fost faptul că de la început întreprinderile industriale nou create au fost echipate la un nivel tehnic modern și cu un deosebit spirit de prevedere în ceea ce privește dotarea lor cu utilaje și instalații capabile să asigure dezvoltarea lor rapidă în viitor. De la început s-a pus un accent deosebit pe dotarea întreprinderilor cu instalații de încercări adecvate, s-au dezvoltat atelierele de scule și dispozitive, s-au creat laboratoare uzinale de încercări și cercetări științifice direct legate de profilul respectiv.

Graficul din fig. 1 redă în mod sintetic ritmul rapid în care a crescut producția industriei electrotehnice în ultimii 10 ani.

Este suficient să menționăm că în anul 1961 întregul volum valoric al producției electrotehnice realizat în 1955 va fi produs în ceva mai mult decît o lună. Comparația între dinamica producției și creșterea mult mai lentă a numărului de lucrători ocupați dă o imagine asupra creșterii de productivitate realizată în acest interval.

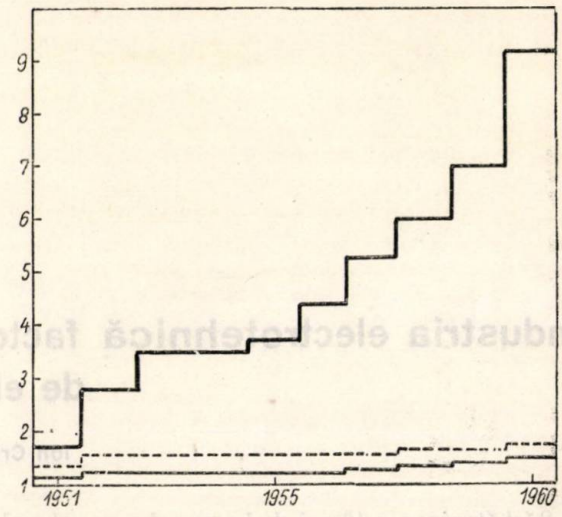


Fig. 1. Dinamica producției globale (anul 1950 luat ca referință).

producția globală (valori)
total salariați
ingineri și tehnicieni

Unul dintre obiectivele importante ale industriei electrotehnice încă de la începutul activității ei, a fost asigurarea industriei energetice din țara noastră cu un volum din ce în ce mai mare de echipamente electrice necesare realizării planului de electrificare. Astfel producția transformatoarelor de forță s-a dezvoltat în ritm rapid,

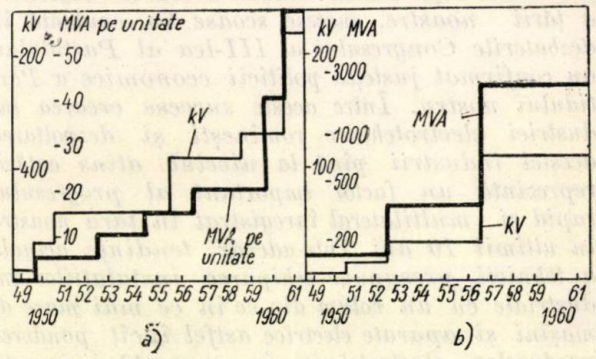


Fig. 2. Creșterea parametrilor limită în fabricația de transformatoare și aparataj de înaltă tensiune.
a – transformatoare de forță; *b* – întreruptoare automate.

crescînd în mod continuu atît volumul producției cît și parametrii limită a transformatoarelor fabricate. Un succes important al industriei electrotehnice a fost realizarea în cursul anilor 1955–1957 a primelor transformatoare de 110 kV. Un număr

important de astfel de transformatoare echipează astăzi stațiile de transformare din cele mai importante puncte ale rețelei naționale, iar comportarea lor în exploatare a fost de la început pe deplin satisfăcătoare. În vederea asigurării cantității și mai ales a calității producției de transformatoare, au fost făcute investiții importante la uzinele Electroputere astfel încît fabrica nouă de transformatoare din cadrul acestei uzine, pusă în funcție acum cîțiva ani, asigură fabricarea transformatoarelor de forță la un nivel corespunzător produselor realizate în țări cu veche tradiție industrială.

În domeniul aparatajului de înaltă tensiune, progresul a fost mai lent, ținîndu-se seama de complexitatea tehnică a problemelor legate de această producție. Totuși încă în anii 1953—1954 întreg necesarul economiei în aparate de înaltă tensiune pînă la tensiunea de 35 kV a fost acoperit cu aparate fabricate în țară. Folosirea documentațiilor primite din Uniunea Sovietică și a experienței acumulate de lucrătorii din industria noastră în fabricile de specialitate sovietice au avut un efect hotărîtor. Începînd din anul 1957 s-a început fabricarea întreruptoarelor automate cu ulei puțin de 110 kV. În următorii ani sortimente de aparataj de înaltă tensiune fabricate, vor fi în întregime reconsiderate. În momentul de față se fac pregătiri pentru introducerea în fabricație a unor serii noi de întreruptoare automate cu ulei puțin.

Industria de cabluri și conductoare a contribuit de asemenea în mare măsură la realizarea diferitelor instalații energetice. A fost creată o fabrică nouă de cabluri și conductoare a cărei producție a fost în continuă creștere. Pentru următorii ani este prevăzută dezvoltarea în ritm accelerat a producției de cabluri de forță, în primul rînd prin modernizarea procedeelor tehnologice folosind linii de fabricație la cel mai înalt nivel tehnic. Tensiunea de serviciu a cablurilor fabricate și secțiunile limită vor fi crescute în mod corespunzător nevoilor. Dezvoltarea resurselor de materii prime și în mod special dezvoltarea industriei chimice în țara noastră, va asigura industria de cabluri cu materii prime (mase plastice) moderne în cantități și sortimente îndestulătoare.

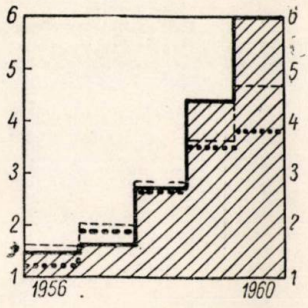


Fig. 3. Dinamica producției la unele sortimente (anul 1955 luat ca referință)

——— transformatoare de forță;
– – – – cabluri subterane de forță;
..... motoare electrice.

Într-o măsură mai redusă a fost dezvoltată producția de izolatoare ceramice, astfel încît necesarul intern nu a fost acoperit în întregime. Totuși sortimentul și calitatea izolatoarelor fabricate în țară, folosind exclusiv materii prime indigene, a fost în continuă creștere. Din anul 1959 se fabrică în mod curent diferite tipuri de izolatoare de 110 kV. Pentru anii ce urmează este prevăzută o creștere rapidă a capacităților de producție precum și modernizării importante ale metodelor de fabricație.

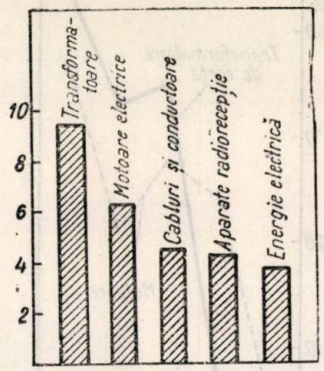


Fig. 4. Ritmul de creștere a producției la unele sortimente importante ale industriei electrotehnice (anul 1960 față de 1950).

Lărgindu-și continuu programul de fabricație și crescîndu-și capacitățile de producție, industria electrotehnică a contribuit din ce în ce mai mult la dezvoltarea și la creșterea nivelului tehnic în toate celelalte ramuri ale economiei.

*Materialele Congresului al III-lea arată că, între alte produse principale, planul de producție a fost realizat în patru ani în loc de cinci la motoare electrice, transformatoare, aparate de radio. Aceste produse și multe altele au contribuit la echiparea industriei petrolifere și miniere precum și la realizarea, de către industria constructoare de mașini, a unui volum din ce în ce mai mare de mașini unelte, automobile și tractoare, pompe, compresoare ș.a. Așa după cum arată materialele Congresului al III-a al Partidului Muncitoresc Romîn, „creșterea producției de energie electrică a avut o importanță deosebită pentru industrializarea socialistă a țării, pentru introducerea tehnicii avansate și trecerea la mecanizarea și automatizarea unor procese de producție, pentru dezvoltarea întregii economii naționale"**

*) Gh. Gheorghiu-Dej „Raport la cel de al III-lea Congres al P.M.R. Ed. Politică, București 1960, p. 12.

Creșterea continuă a posibilităților de concepție tehnică și a capacităților de producție în industria electrotehnică a creat condițiile ca în ultimii 4—5 ani, industria electrotehnică românească să apară pe piața internațională. Pornind de la premisa de a nu se oferi la export decît

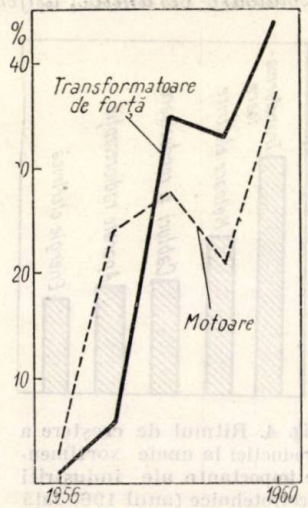


Fig. 5. Dinamica livrărilor la export de transformatoare și motoare electrice (în procente din producția totală).

produse ale căror performanțe tehnice și de exploatare au fost în prealabil bine verificate în exploatarea din țara noastră și pentru a căror realizare experiența tehnică dobîndită precum și instalațiile moderne de fabricație existente asigurau un nivel corespunzător al produselor fabricate, exportul de produse electrotehnice s-a extins cu repeziciune, cîștigînd în fiecare an atît ca volum cît și ca repartiție geografică.

Planul de șase ani (1960—1965) aprobat de Congresul al III-lea al Partidului Muncitoresc Romîn reprezintă pentru toți muncitorii, inginerii și tehnicienii din industria electrotehnică românească un program amplu de desfășurare a capacității lor creatoare. Principalele sarcini constau, pe de o parte în asigurarea în măsură din ce în ce mai mare a echipamentelor electrice de bază necesare dezvoltării celorlalte ramuri ale economiei, în asigurarea acelor mașini și aparate electrice care condiționează ridicarea continuă a nivelului tehnic în toate ramurile economiei, iar pe de altă parte în introducerea pe scară tot mai largă în munca de concepție și de producție, a cuceririlor celor mai noi ale tehnicii și științei mondiale.

Principala resursă de creștere cantitativă și calitativă a producției electrotehnice o constituie ridicarea continuă a nivelului tehnic al producției. Realizarea sarcinilor trasate de Congres va însemna pentru industria electrotehnică din țara noastră, un important salt calitativ.

Aceste sarcini stimulează activitatea creatoare a muncitorilor, inginerilor și tehnicienilor din industria electrotehnică în eforturile lor de a mînui din ce în ce mai bine tehnica, de a pune în fabricație produse din ce în ce mai numeroase, mai bune, mai ieftine. Ei sînt conștienți că prin activitatea lor rodnică contribuie în mod activ la realizarea în ritm accelerat a programului de electrificare a țării, la desăvîrșirea construcției socialiste în Republica Populară Romînă.

Încălzirea rotoarelor masive ale mașinilor sincrone la funcționarea asincronă

Andrei Nicolaide * – Craiova

Încălzirea părților masive ale rotorului turbogeneratoarelor prin curenți turbionari pune probleme dificile constructorilor de mașini. Pentru calculul încălzirii, transformația Laplace—Curson reprezintă o metodă eficientă, ceea ce se demonstrează în lucrare.

CZ 621.313.322—81 :621.3.017.7

1. Generalități

În timpul funcționării asincrone a mașinilor sincrone, în polii masivi se dezvoltă căldură datorită curenților Foucault [7], [11]. Acest lucru are loc, de asemenea, la pornire sau la funcționarea în sarcină nesimetrică [7].

Cînd mașina are polii lamelați și prevăzuți cu amortizoare cu bare, atunci căldura se dezvoltă în special în barele amortizorului și cum acestea sînt așezate aproape de suprafața rotorului dinspre întrefier căldura se evacuează ușor. Calculul încălzirii amortizoarelor a făcut obiectul mai multor lucrări și în prezenta lucrare nu ne vom ocupa de aceasta.

Cînd mașina are polii masivi căldura se dezvoltă în toate părțile polului, căci peste tot iau naștere curenți Foucault [11]. Aceasta face ca problema încălzirii rotoarelor masive să fie mai complexă.

Studiul cîmpului electromagnetic și al efectului electrocaloric în conductoare masive a făcut obiectul unor lucrări ample [12], [13].

Cu calculul încălzirii unui rotor masiv de mașină sincronă la pornirea în asincron se ocupă lucrarea [7]. Se admite o serie de ipoteze simplificatoare și se dau curbe ale temperaturii fierului, funcție de durata pornirii, pentru cîteva rotoare masive. Curbele sînt construite integrînd prin metode grafice ecuația de propagare a căldurii, pentru anumite cazuri particulare. Metoda necesită pentru aplicare un timp relativ lung. Pentru practică este însă foarte util o formulă generală de calcul a încălzirii unui rotor masiv la pornire, pentru a se putea aprecia pentru orice mașină sincronă cu rotorul masiv, dacă în timpul pornirii temperatura rotorului nu atinge valori inadmisibile. Lucrarea de față aduce o contribuție la aceasta.

În prima parte a acestui articol vom stabili o formulă simplă și generală pentru calculul încălzirii fierului unui rotor masiv la pornire.

În a doua parte a articolului vom stabili o formulă de calcul pentru determinarea încălzirii fierului unui rotor masiv, cînd pierderile în fier sînt constante, ceea ce are loc de exemplu în cazul apariției unei sarcini nesimetrice.

Cînd o mașină sincronă cu rotorul masiv ajunge să funcționeze accidental un timp scurt cu o sarcină puternic nesimetrică, pierderile care apar în rotor îl încălzesc. Este necesar să se poată aprecia cît timp se poate lăsa mașina să funcționeze în astfel de condiții, fără ca încălzirea să devină inadmisibilă. Relațiile de calcul pe care le obținem permit să se aprecieze dacă funcționarea asincronă tranzitorie a unei mașini sincrone cu rotorul masiv este sau nu admisibilă în ceea ce privește încălzirea rotorului.

2. Calculul încălzirii unui rotor masiv la pornire

Vom admite următoarele ipoteze simplificatoare.

1. Rotorul se consideră cilindric și densitatea fluxului de căldură evacuată, uniform distribuită pe suprafața lui.

2. Se neglijează evacuarea căldurii pe la părțile frontale.

3. Influența curburii neglijabilă.

4. Se presupune că nu are loc cedare de căldură de la rotor spre întrefier.

5. Turația se consideră proporțională cu timpul socotit de la începutul pornirii.

6. Pierderile din rotor se admit că variază proporțional cu alunecarea.

Aceleași ipoteze sînt folosite și în lucrarea [7]. Cu ipotezele admise încălzirile calculate vor fi superioare celor reale și deci calculul este acoperitor.

Vom determina în aceste ipoteze încălzirea rotoarelor masive.

Ecuația de transmisie a căldurii este:

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} - \frac{1}{a} \cdot \frac{\partial \theta}{\partial t} = - \frac{2\alpha w}{k} \cdot \left(1 - \frac{t}{t_p}\right) \cdot e^{-2\alpha y} \qquad (1)$$

Condițiile la limită sînt cele de mai jos.

I. Relația lui Newton pentru suprafața de cedare a căldurii dă condiția

$$\left(\frac{\partial \theta}{\partial n}\right)_s = - h\theta \qquad (I)$$

* Ing. *A. Nicolaide* este inginer la O.C.M. – Craiova

normala fiind orientată spre exteriorul suprafeței rotorului, deci de semn contrar lui y.

II. Fluxul de căldură la infinit este nul

$$\left(\frac{\partial\theta}{\partial y}\right)_{y=\infty} = 0 \qquad \text{(II)}$$

Condiția inițială este

$$\theta\,(y,\ t=0) = 0 \qquad \text{(III)}$$

deoarece presupunem că în momentul inițial, temperatura rotorului este aceeași în toate punctele sale și egală cu aceea a fluidului refrigerent.

Facem schimbările de variabilă

$$\tau = a\,m^2 t \qquad (2)$$

$$\eta = m\,y \qquad (2')$$

unde

$$m = 2\,\alpha. \qquad (2'')$$

Notînd

$$\frac{mk}{w}\,\theta = f \qquad (3)$$

se obține

$$\frac{\partial^2 f}{\partial\eta^2} - \frac{\partial f}{\partial\tau} = -\left(1-\frac{t}{t_p}\right)\cdot e^{-\eta} \qquad (4)$$

Aplicînd ecuației (4) transformarea dublă a lui Carson cu condițiile inițiale și la limită (I), (II), (III), obținem în locul ecuației diferențiale cu derivate parțiale (4), ecuația transformată

$$q^2\vartheta_q - q^2\,\vartheta_{\eta=0} - q\left(\frac{\partial\vartheta}{\partial\eta}\right)_{\eta=0} - p\,\vartheta_q =$$

$$= -\left(1-\frac{1}{p\,\tau_p}\right)\cdot\frac{q}{q+1} \qquad (5)$$

unde

$$\vartheta_q\,(p,\ q) = f\,(\tau,\ \eta) \qquad (6)$$

Pentru a face calculele mai ușor de urmărit, dăm în tabela 1 transformările care pot apărea în calcule.

S-au folosit notațiile obișnuite pentru:

$$\operatorname{erf}x = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^x e^{-u^2}\,du$$ — funcția erorilor

$$\operatorname{erfc}x = 1 - \operatorname{erf}x = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_x^\infty e^{-u^2}\,du$$ — complementul funcției erorilor

$$I\operatorname{erfc}x = \int_x^\infty \operatorname{erfc}u\,du\ ;\quad I^n\operatorname{erfc}x = \int_x^\infty I^{n-1}\operatorname{erfc}u\,du\ ;$$

$$I^\circ\ \operatorname{erfc}x = \operatorname{erfc}x$$

Menționăm că există tabele unde sînt date valorile funcțiilor exp, erf, erfc, I^n erfc, în funcție de diferite valori ale argumentului.

Ținînd seama de condiția (I) rezultă

$$\vartheta_q = -\left(1-\frac{1}{p\,\tau_p}\right)\cdot\frac{q}{q+1}\cdot\frac{1}{q^2-p} + \frac{q^2+qh'}{q^2-p}\,\vartheta_0$$

sau descompunînd în fracții simple

$$\vartheta_q = -\left(1-\frac{1}{p\tau_p}\right)\left[\frac{Aq}{q-\sqrt{p}} + \frac{Bq}{q+\sqrt{p}} + \frac{Cq}{q+1}\right] +$$

$$+\frac{q^2}{q^2-p}\vartheta_0 + \frac{qh'}{q^2-p}\,\vartheta_0$$

unde

$$A = \frac{1}{2\sqrt{p}\,(1+\sqrt{p})}\ ; \qquad (8)$$

$$B = -\frac{1}{2\sqrt{p}\,(1-\sqrt{p})}\ ; \qquad (9)$$

$$C = \frac{1}{1-p} \qquad (10)$$

Originalul lui ϑ_q în raport cu q este

$$\vartheta = -\left(1-\frac{1}{p\,\tau_p}\right)\left[A\,e^{\eta\sqrt{p}} + B\,e^{-\eta\sqrt{p}} + C\,e^{-\eta}\right] +$$

$$+\,\vartheta_0\left[\operatorname{ch}\,\eta\sqrt{p} + \frac{h'}{\sqrt{p}}\operatorname{sh}\,\eta\sqrt{p}\right] \qquad (11)$$

Deoarece partea reală a coordonatelor parametrului p (abscisele lui p) poate fi numai negativă [1], [2], urmează din condiția (II) și relația (11), că trebuie să avem

$$-\left(1-\frac{1}{p\,\tau_p}\right)A + \frac{1}{2}\vartheta_0 + \frac{h'}{2\sqrt{p}}\,\vartheta_0 = 0$$

Rezultă

$$\vartheta_0 = \left(1-\frac{1}{p\,\tau_p}\right)\cdot\frac{2A\sqrt{p}}{h'+\sqrt{p}} \qquad (12)$$

sau

$$\vartheta_0 = \left(1-\frac{1}{p\,\tau_p}\right)\cdot\frac{1}{(1+\sqrt{p})\,(h'+\sqrt{p})} \qquad (13)$$

Relația (11) devine

$$\vartheta = \left(1-\frac{1}{p\,\tau_p}\right)\cdot\frac{1}{2\sqrt{p}\,(1-\sqrt{p})}\cdot e^{-\eta\sqrt{p}} +$$

$$+\frac{1}{2}\cdot\left(1-\frac{1}{p\,\tau_p}\right)\cdot\frac{1-\dfrac{h'}{\sqrt{p}}}{(1+\sqrt{p})\,(h'+\sqrt{p})}\cdot$$

$$\cdot\,e^{-\eta\sqrt{p}} - \left(1-\frac{1}{p\,\tau_p}\right)\cdot\frac{1}{1-p}\cdot e^{-\eta} \qquad (14)$$

sau

$$\vartheta = \frac{(h'+1)\,e^{-\eta\sqrt{p}}}{(h'+\sqrt{p})(1+\sqrt{p})(1-\sqrt{p})}\cdot\left(1-\frac{1}{p\tau_p}\right)-$$

$$-\left(1-\frac{1}{p\tau_p}\right)\cdot\frac{1}{1-p}\cdot e^{-\eta} \qquad (14')$$

$$+\left(1-\frac{1}{p\tau_p}\right)\cdot\frac{1}{p-1}\cdot e^{-\eta} \qquad (15)$$

Relația (15) se poate scrie ca fiind suma a patru termeni :

$$\vartheta = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 \qquad (16)$$

Tabela 1

Tabela de originale și imagini. Transformarea lui J. R. Carson

$\varphi(p)$	$A(t)$	$\varphi(p)$	$A(t)$
1	1	$\frac{1}{p+\alpha}$	$\frac{1}{\alpha}\left(1-e^{-\alpha t}\right)$
$\frac{1}{p}$	t	$\frac{1}{p-\alpha}$	$\frac{1}{\alpha}\left(e^{\alpha t}-1\right)$
$\frac{1}{p^n}$	$\frac{t^n}{n}$	$\frac{p^2}{p^2-\alpha^2}$	$\mathrm{ch}\alpha t$
$\sqrt{p}$	$\frac{1}{\sqrt{\pi t}}$	$\frac{p\alpha}{p^2-\alpha^2}$	$\mathrm{sh}\alpha t$
$\frac{1}{\sqrt{p}}$	$\frac{2\sqrt{t}}{\sqrt{\pi}}$	$e^{-a\sqrt{p}}$	$\mathrm{erfc}\frac{a}{2\sqrt{t}}$
$\frac{p}{p\pm\alpha}$	$e^{\pm\alpha t}$	$\sqrt{p}\,e^{-a\sqrt{p}}$	$\frac{1}{\sqrt{\pi t}}\cdot e^{-\frac{a^2}{4t}}$
$\frac{\sqrt{p}}{\lambda+\sqrt{p}}e^{-a\sqrt{p}}$	$\exp(a\lambda+\lambda^2 t)\mathrm{erfc}\left(\frac{a}{2\sqrt{t}}+\lambda\sqrt{t}\right)$		
$\frac{p}{\lambda+\sqrt{p}}e^{-a\sqrt{p}}$	$\frac{e^{-\frac{a^2}{4t}}}{\sqrt{\pi t}}-\lambda\exp(a\lambda+\lambda^2 t)\mathrm{erfc}\left(\frac{a}{2\sqrt{t}}+\lambda\sqrt{t}\right)$		
$\frac{\lambda}{\lambda+\sqrt{p}}e^{-a\sqrt{p}}$	$\mathrm{erfc}\frac{a}{2\sqrt{t}}-\exp(a\lambda+\lambda^2 t)\mathrm{erfc}\left(\frac{a}{2\sqrt{t}}+\lambda\sqrt{t}\right)$		
$\frac{\sqrt{p}}{(\lambda+\sqrt{p})^2}e^{-a\sqrt{p}}$	$2t\frac{e^{-\frac{a^2}{4t}}}{\sqrt{\pi t}}-(a+2\lambda t)\exp(a\lambda+\lambda^2 t)\mathrm{erfc}\left(\frac{a}{2\sqrt{t}}+\lambda\sqrt{t}\right)$		
$\frac{e^{-a\sqrt{p}}}{1+\sqrt{p}}$	$\mathrm{erfc}\frac{a}{2\sqrt{t}}-\exp(a+t)\,\mathrm{erfc}\left(\frac{a}{2\sqrt{t}}+\sqrt{t}\right)$		
$\frac{-e^{-a\sqrt{p}}}{-1+\sqrt{p}}$	$\mathrm{erfc}\frac{a}{2\sqrt{t}}-\exp(-a+t)\,\mathrm{erfc}\left(\frac{a}{2\sqrt{t}}-\sqrt{t}\right)$		
$\frac{e^{-a\sqrt{p}}}{p^{1/2}}$	$2t\cdot\frac{e^{-\frac{a^2}{4t}}}{\sqrt{\pi t}}-a\,\mathrm{erfc}\frac{a}{\sqrt{2t}}$		
$\frac{e^{-a\sqrt{p}}}{p^{3/2}}$	$\frac{1}{3}(4t^2+a^2t)\cdot\frac{e^{-\frac{a^2}{4t}}}{\sqrt{\pi t}}-\frac{a}{6}(6t+a^2)\,\mathrm{erfc}\frac{a}{2\sqrt{t}}$		
$\frac{e^{-a\sqrt{p}}}{p^{n/2}}$	$(4t)^{n/2}I^n\,\mathrm{erfc}\frac{a}{2\sqrt{t}}$		

În baza ipotezei 4 luăm $h'=0$ și relația (14') devine

$$\vartheta = \left(1-\frac{1}{p\tau_p}\right)\cdot\frac{-e^{-\eta\sqrt{p}}}{\sqrt{p}(\sqrt{p}+1)(\sqrt{p}-1)}+$$

unde s-a notat

$$S_1 = \frac{-e^{-\eta\sqrt{p}}}{\sqrt{p}(\sqrt{p}+1)(\sqrt{p}-1)};\quad S_3 = \frac{e^{-\eta}}{p-1};$$

$$S_2 = \frac{e^{-\eta\sqrt{p}}}{\tau_p \cdot p^{3/2} \cdot (\sqrt{p}+1)(\sqrt{p}-1)}; \quad S_4 = \frac{-e^{-\eta}}{\tau_p \cdot p \cdot (p-1)};$$

avem

$$S_1 = \frac{-e^{-\eta\sqrt{p}}}{\sqrt{p}(\sqrt{p}+1)(\sqrt{p}-1)} = \frac{1}{2} \cdot \frac{-e^{-\eta\sqrt{p}}}{\sqrt{p}-1} + \frac{1}{2} \cdot \frac{-e^{-\eta\sqrt{p}}}{\sqrt{p}+1} + \frac{e^{-\eta\sqrt{p}}}{\sqrt{p}} \tag{17}$$

Folosind tabela 1 se obține

$$S_1 \doteq \frac{1}{2}\left[\operatorname{erfc}\frac{\eta}{2\sqrt{\tau}} - \exp(-\eta+\tau)\cdot\operatorname{erfc}\left(\frac{\eta}{2\sqrt{\tau}} - \sqrt{\tau}\right)\right] - \frac{1}{2}\left[\operatorname{erfc}\frac{\eta}{2\sqrt{\tau}} - \exp(\eta+\tau)\operatorname{erfc}\left(\frac{\eta}{2\sqrt{\tau}} + \sqrt{\tau}\right)\right] + \left[\frac{2\tau \cdot e^{-\frac{\eta^2}{4\tau}}}{\sqrt{\pi\tau}} - \eta \operatorname{erfc}\frac{\eta}{2\sqrt{\tau}}\right]$$

sau

$$S_1 \doteq -\frac{1}{2}\exp(-\eta+\tau)\operatorname{erfc}\left(\frac{\eta}{2\sqrt{\tau}} - \sqrt{\tau}\right) + \frac{1}{2}\exp(\eta+\tau)\operatorname{erfc}\left(\frac{\eta}{2\sqrt{\tau}} + \sqrt{\tau}\right) + 2\tau \cdot \frac{e^{-\frac{\eta^2}{4\tau}}}{\sqrt{\pi\tau}} - \eta \operatorname{erfc}\frac{\eta}{2\sqrt{\tau}} \tag{18}$$

De asemenea avem

$$S_2 = \frac{1}{\tau_p} \cdot \frac{e^{-\eta\sqrt{p}}}{p^{3/2}\cdot(\sqrt{p}+1)(\sqrt{p}-1)} = \frac{e^{-\eta\sqrt{p}}}{\tau_p}\left[\frac{-1}{p^{3/2}} + \frac{-1}{p^{1/2}} + \frac{1}{2}\cdot\frac{1}{\sqrt{p}-1} + \frac{1}{2}\cdot\frac{1}{\sqrt{p}+1}\right] \tag{19}$$

Folosind tabela 1 se obține

$$S_2 \doteq -\frac{1}{\tau_p}\left[(4\tau)^{3/2} I^3 \operatorname{erfc}\frac{\eta}{2\sqrt{\tau}}\right] - \frac{1}{\tau_p}\left[2\tau \cdot \frac{e^{-\frac{\eta^2}{4\tau}}}{\sqrt{\pi\tau}} - \eta \operatorname{erfc}\frac{\eta}{2\sqrt{\tau}}\right] - \frac{1}{2\tau_p} \cdot \left[\operatorname{erfc}\frac{\eta}{2\sqrt{\tau}} - \exp(-\eta+\tau)\cdot\operatorname{erfc}\left(\frac{\eta}{2\sqrt{\tau}} - \sqrt{\tau}\right)\right] + \frac{1}{2\tau_p}\left[\operatorname{erfc}\frac{\eta}{2\sqrt{\tau}} - \exp(\eta+\tau)\operatorname{erfc}\left(\frac{\eta}{2\sqrt{\tau}} + \sqrt{\tau}\right)\right] \tag{20}$$

sau sub o altă formă

$$S_2 \doteq \frac{1}{\tau_p}\left\{\begin{array}{l} -\frac{1}{3}(4\tau^2+\eta^2)\cdot\frac{e^{-\frac{\eta^2}{4\tau}}}{\sqrt{\pi\tau}} + \\ +\frac{\eta}{6}(6\tau+\eta^2)\operatorname{erfc}\frac{\eta}{2\sqrt{\tau}} \\ -2\tau\cdot\frac{e^{-\frac{\eta^2}{4\tau}}}{\sqrt{\pi\tau}} + \eta\operatorname{erfc}\frac{\eta}{2\sqrt{\tau}} + \\ +\frac{1}{2}\exp(-\eta+\tau)\operatorname{erfc}\left(\frac{\eta}{2\sqrt{\tau}} - \sqrt{\tau}\right) \\ -\frac{1}{2}\exp(\eta+\tau)\operatorname{erfc}\left(\frac{\eta}{2\sqrt{\tau}} + \sqrt{\tau}\right) \end{array}\right\} \tag{21}$$

De asemenea avem

$$S_3 = \frac{e^{-\eta}}{p-1} \tag{22}$$

Folosind tabela 1 se obține

$$S_3 \doteq e^{-\eta}(e^{\tau}-1) \tag{23}$$

De asemenea avem

$$S_4 = \frac{-e^{-\eta}}{\tau_p \cdot p\,(p-1)} = \frac{e^{-\eta}}{\tau_p}\left(\frac{1}{p} - \frac{1}{p-1}\right) \tag{24}$$

Folosind tabela 1 se obține

$$S_4 \doteq \frac{e^{-\eta}}{\tau_p} \cdot [\tau - (e^{\tau}-1)] \tag{25}$$

Funcția $f(\tau, \eta)$ din relația (3) este dată deci de formula:

$$f(\tau,\eta) = \frac{1}{2}\left(1-\frac{1}{\tau_p}\right)\exp(-\eta+\tau)\operatorname{erfc}\left(\sqrt{\tau} - \frac{\eta}{2\sqrt{\tau}}\right) + \frac{1}{2}\left(1-\frac{1}{\tau_p}\right)\exp(\eta+\tau)\cdot\operatorname{erfc}\left(\sqrt{\tau} + \frac{\eta}{2\sqrt{\tau}}\right) + \left(1-\frac{1}{\tau_p}\right)\frac{2\sqrt{\tau}}{\sqrt{\pi}} \cdot e^{-\frac{\eta^2}{4\tau}} - \left(1-\frac{1}{\tau_p}\right)\eta\operatorname{erfc}\frac{\eta}{2\sqrt{\tau}} - \frac{1}{\tau_p}(4\tau)^{3/2}\left(I^3\operatorname{erfc}\frac{\eta}{2\sqrt{\tau}}\right) - \left(1-\frac{1}{\tau_p}\right)e^{-\eta} + \frac{\tau}{\tau_p}\cdot e^{-\eta} \tag{26}$$

sau sub o altă formă

$$f(\tau,\eta)=\frac{1}{2}\left(1-\frac{1}{\tau_p}\right)\exp(-\eta+\tau)\cdot$$

$$\cdot\operatorname{erfc}\left(\sqrt{\tau}-\frac{\eta}{2\sqrt{\tau}}\right)+\frac{1}{2}\left(1-\frac{1}{\tau_p}\right)\exp(\eta+\tau)\cdot$$

$$\cdot\operatorname{erfc}\left(\sqrt{\tau}+\frac{\eta}{2\sqrt{\tau}}\right)+\left(1-\frac{1}{\tau_p}\right)2\tau\cdot\frac{e^{-\frac{\eta^2}{4\tau}}}{\sqrt{\pi\tau}}-$$

$$-\left(1-\frac{1}{\tau_p}\right)\eta\operatorname{erfc}\frac{\eta}{2\sqrt{\tau}}-\frac{1}{3\tau_p}(4\tau^2+\eta^2\tau)\cdot$$

$$\cdot\frac{e^{-\frac{\eta^2}{4\tau}}}{\sqrt{\pi\tau}}+\frac{1}{6\tau_p}\eta(6\tau+\eta^2)\cdot\operatorname{erfc}\frac{\eta}{2\sqrt{\tau}}-$$

$$-\left(1-\frac{1}{\tau_p}\right)e^{-\eta}+\frac{\tau}{\tau_p}e^{-\eta}\qquad(26')$$

După relația (3) urmează că supratemperatura rotorului masiv la pornire este dată de relația

$$\theta=\frac{w}{mk}\cdot f(\tau,\eta)\qquad(27)$$

Supratemperatura suprafeței rotorului se obține punînd $\eta=0$ în expresia (26) sau (26'). Se obține

$$f(\tau)=\frac{1}{2}\left(1-\frac{1}{\tau_p}\right)e^{\tau}\cdot\operatorname{erfc}\sqrt{\tau}+$$

$$+\frac{1}{2}\left(1-\frac{1}{\tau_p}\right)e^{\tau}\operatorname{erfc}\sqrt{\tau}+\left(1-\frac{1}{\tau_p}\right)\cdot\frac{2\sqrt{\tau}}{\sqrt{\pi}}-$$

$$-\frac{4\tau^2}{3\tau_p\sqrt{\pi\tau}}-\left(1-\frac{1}{\tau_p}\right)+\frac{\tau}{\tau_p}\qquad(28)$$

sau sub o altă formă

$$f(\tau)=\frac{1}{2}\left(1-\frac{1}{\tau_p}\right)e^{\tau}\operatorname{erfc}\sqrt{\tau}+\frac{1}{2}\left(1-\frac{1}{\tau_p}\right)e^{\tau}\cdot$$

$$\cdot\operatorname{erfc}\sqrt{\tau}+\left(1-\frac{1}{\tau_p}\right)\cdot\frac{2\sqrt{\tau}}{\sqrt{\pi}}-\frac{1}{\tau_p}(4\tau)^{3/2}(I^3)-$$

$$-\left(1-\frac{1}{\tau_p}\right)+\frac{\tau}{\tau_p}\qquad(28')$$

Pentru a face formula (28) mai potrivită pentru calcule numerice vom înlocui funcția erfc prin dezvoltarea ei asimptotică [6]. Se obține pentru primul termen al lui f expresia:

$$\left(1-\frac{1}{\tau_p}\right)\cdot\frac{1}{\pi}\cdot\sum_{\nu=0}^{\nu=\infty}\frac{(-1)^{\nu}\cdot\Gamma\left(\nu+\frac{1}{2}\right)}{\tau^{\nu+1/2}}\qquad(29)$$

care pentru valorile mari ale lui τ și anume superioare lui 4, se poate neglija. Funcția f este dată în acest caz de relația

$$f=\frac{\tau}{\tau_p}+\left(1-\frac{1}{\tau_p}\right)\cdot\frac{2\sqrt{\tau}}{\sqrt{\pi}}-\frac{4\tau^{3/2}}{3\tau_p\sqrt{\pi}}-\left(1-\frac{1}{\tau_p}\right)\qquad(30)$$

Observații. Valoarea lui τ pentru care $f(\tau)$ dat de relația (30) este maximum, se obține ușor scriind că derivata lui f în raport cu τ este nulă. După efectuarea calculelor se obține.

$$\frac{\tau}{\tau_p}=\left[\frac{1}{4}\sqrt{\frac{\pi}{\tau_p}}+\frac{1}{4}\sqrt{\frac{\pi}{\tau_p}+8\left(1-\frac{1}{\tau_p}\right)}\right]^2\qquad(31)$$

Pentru cele mai multe cazuri se obține aproximativ $\frac{\tau}{\tau_p}=0{,}7$ sau o valoare apropiată.

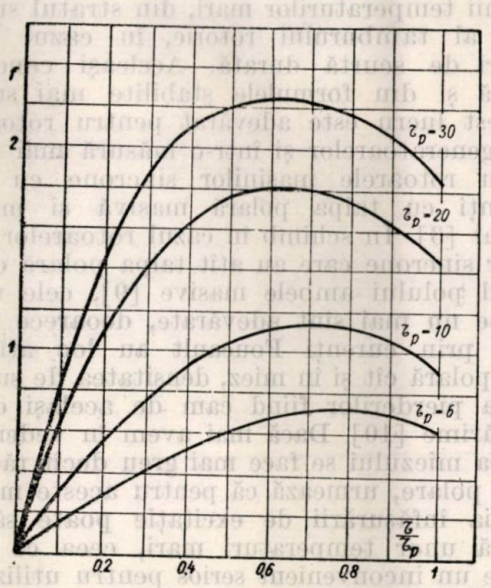


Fig. 1. Curbele $f(\tau)$ pentru diferite valori ale lui τ_p.

În fig. 1 sînt date curbele $f(\tau)$ pentru diferite valori ale lui τ_p. Se vede că f este maximum pentru o valoare a lui τ în jurul lui $0{,}7\ \tau_p$.

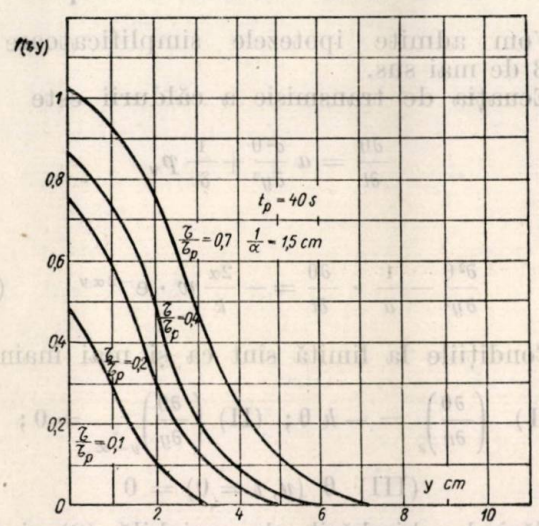


Fig. 2. Curbele $f(\tau, y)$ pentru diferite valori ale lui $\frac{\tau}{\tau_p}$.

În fig.2 sînt date curbele $f(\tau, y)$, pentru diferite valori ale lui $\frac{\tau}{\tau_p}$, la $t_p=40$ s și $\frac{1}{\alpha}=1{,}5$ cm, calculate cu formula (26).

Se pune astfel în evidență repartiția undei termice în adîncimea rotorului la pornirea asincronă.

Curbele obținute sînt apropiate de cele date în lucrarea [7].

În urma încercărilor efectuate [7], care au arătat că la adîncimea de 8 mm încălzirea nu a depășit în cazurile examinate 65°C, în lucrarea [7] se trage concluzia că izolația înfășurării rotorice a turbogeneratoarelor nu este expusă acțiunii temperaturilor mari, din stratul superficial al tamburului rotoric, în cazul unor porniri de scurtă durată. Aceleași concluzii rezultă și din formulele stabilite mai sus.

Acest lucru este adevărat pentru rotoarele turbogeneratoarelor și într-o măsură mai mică pentru rotoarele mașinilor sincrone cu poli aparenți cu talpa polară masivă și miezul lamelat [3]. În schimb în cazul rotoarelor mașinilor sincrone care au atît talpa polară cît și miezul polului ambele masive [9], cele menționate nu mai sînt adevărate, deoarece pierderile prin curenți Foucault au loc atît în piesa polară cît și în miez, densitatea de suprafață a pierderilor fiind cam de același ordin de mărime [10]. Dacă mai avem în vedere că răcirea miezului se face mai greu decît răcirea tălpii polare, urmează că pentru aceste mașini izolația înfășurării de excitație poate să fie supusă unor temperaturi mari, ceea ce constituie un inconvenient serios pentru utilizarea mașinilor cu poli complet masivi, în regimuri asincrone, mai ales cînd durata acestora este mai mare.

3. Calculul încălzirii rotoarelor masive cu pierderile în fier constante în timp

Vom admite ipotezele simplificatoare 1, 2, 3 de mai sus.

Ecuația de transmisie a căldurii este

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = a \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} + \frac{1}{\delta c} p_y$$

sau

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} - \frac{1}{a} \cdot \frac{\partial \theta}{\partial t} = - \frac{2\alpha}{k} w \cdot e^{-2\alpha y} \qquad (32)$$

Condițiile la limită sînt ca și mai înainte:

$$\text{(I)} \left(\frac{\partial \theta}{\partial n}\right)_s = - h\, \theta; \quad \text{(II)} \left(\frac{\partial \theta}{\partial y}\right)_{y=\infty} = 0;$$

$$\text{(III)} \quad \theta\ (y, t = 0) = 0$$

Făcînd schimbările de variabilă (2) și (2′) și folosind notația (3) ecuația (32) devine

$$\frac{\partial^2 f}{\partial \eta^2} - \frac{\partial f}{\partial \tau} = - e^{-\eta} \qquad (33)$$

Aplicînd ecuației transformarea dublă a lui Carson, cu condițiile inițială și la limită (I), (II), (III), obținem în locul ecuației diferențiale cu derivate parțiale, ecuația transformată

$$q^2 \vartheta_q - q^2 \vartheta_{\eta=0} - q \left(\frac{\partial \vartheta}{\partial \eta}\right)_{\eta=0} - p\, \vartheta_q = - \frac{q}{q+1}$$

unde (34)

$$\vartheta_q\ (p, q) = f\ (\tau, \eta)$$

Procedînd ca la paragraful precedent se găsește funcția imagine

$$\vartheta_q = - \frac{q}{q+1} \cdot \frac{1}{q^2 - p} + \frac{q^2 + qh'}{q^2 - p} \vartheta_0 \qquad (35)$$

Originalul lui ϑ_q în raport cu q este

$$\vartheta = \frac{(h' + 1)\, e^{-\eta\sqrt{p}}}{(h' + \sqrt{p})(1 + \sqrt{p})(1 - \sqrt{p})} - \frac{1}{1 - p} e^{-\eta} \qquad (36)$$

Originalul lui ϑ în raport cu p este

$$f = \frac{h' + 1}{h'} \operatorname{erfc} \frac{\eta}{2\sqrt{\tau}} + (e^{\tau} - 1)\, e^{-\eta} +$$

$$+ \frac{h' + 1}{2} \left\{ \frac{- \exp\ (- \eta + \tau)}{h' + 1} \operatorname{erfc} \left(\frac{\eta}{2\sqrt{\tau}} - \sqrt{\tau} \right) + \right.$$

$$\left. + \frac{- \exp\ (\eta + \tau)}{h' - 1} \operatorname{erfc} \left(\frac{\eta}{2\sqrt{\tau}} + \sqrt{\tau} \right) + \right.$$

$$+ \frac{2}{h'} \cdot \frac{\exp\ (h'\eta + h'^2 \cdot \tau)}{h'^2 - 1} \operatorname{erfc} \left(\frac{\eta}{2\sqrt{\tau}} + h' \sqrt{\tau} \right) \qquad (37)$$

Deci

$$\theta = \frac{w}{mk} \cdot f\,(\tau, \eta) \qquad (38)$$

unde $f\,(\tau, \eta)$ este dat de relația (37).

Cu relația (38) se poate calcula încălzirea fierului unui rotor masiv în regim tranzitoriu. Pentru $t = \infty$ relația (38) dă încălzirea aceluiași rotor în regim staționar.

Ținînd seamă de relațiile

$$\operatorname{erf}\ (\infty) = 1 \qquad \operatorname{erfc}\ (-\infty) = 2 \qquad (39)$$

$$\operatorname{erfc}\ (\infty) = 0 \qquad \operatorname{erf}\ (0) = 0$$

$$\operatorname{erf}\ (-\infty) = -1 \qquad \operatorname{erfc}(0) = 1$$

se obține

$$\theta = \frac{w}{hk} + \frac{w}{m^2 k} (1 - e^{-my}) \qquad (40)$$

sau

$$\theta = \frac{w}{\alpha_c} + \frac{w}{m^2 k} (1 - e^{-my}) \qquad (41)$$

Temperatura suprafeței rotorului este

$$\theta = \frac{w}{\alpha_c} \qquad (42)$$

Pentru coeficientul de transmisie a căldurii, α_c se poate lua valoarea cunoscută [4], [5]

$$\alpha_c = 0{,}0028\ (1 + \sqrt{v_\delta})\ [\mathrm{W/cm^2 °C}] \qquad (43)$$

Pentru a obține o relație de calcul mai simplă în anumite cazuri de regim tranzitoriu, se poate admite, în cazul cînd fenomenul este de scurtă durată, că nu există cedare de căldură, adică se admite ipoteza 4 de la paragraful precedent și deci avem $h = 0$.

Pentru $h = 0$ relația (36) devine

$$\vartheta = \frac{e^{-\eta\sqrt{p}}}{\sqrt{p}\,(1+\sqrt{p})(1-\sqrt{p})} - \frac{1}{1-p}\,e^{-\eta} \qquad (44)$$

Originalul lui ϑ în raport cu p este în acest caz

$$f = \frac{2\sqrt{\tau}}{\sqrt{\pi}}\cdot e^{-\frac{\eta^2}{4\tau}} + \frac{1}{2}\exp(-\eta + \tau)\,\mathrm{erfc}\left(\sqrt{\tau} - \frac{\eta}{2\sqrt{\tau}}\right) + \frac{1}{2}\exp(\eta + \tau)\,\mathrm{erfc}\left(\sqrt{\tau} + \frac{\eta}{2\sqrt{\tau}}\right) - \eta\,\mathrm{erfc}\,\frac{\eta}{2\sqrt{\tau}} - e^{-\eta} \qquad (45)$$

Relația (45) se poate deduce din relația (26) luînd pe $\tau_p = \infty$. Pentru a face formula (45) mai potrivită pentru calcule numerice vom înlocui funcția erfc prin dezvoltarea ei asimptotică. Făcînd aceleași neglijări ca la paragraful precedent se obține relația

$$f(\tau,\eta) = \frac{2\sqrt{\tau}}{\sqrt{\pi}}\cdot e^{-\frac{\eta^2}{4\tau}} - \eta\,\mathrm{erfc}\,\frac{\eta}{2\sqrt{\tau}} - e^{-\eta} \qquad (46)$$

Cînd intervalul de timp este relativ lung, pentru $\eta = 0$, funcția $f(\tau, \eta)$ devine

$$f(\tau,\eta) = \frac{2\sqrt{\tau}}{\sqrt{\pi}} - 1$$

adică ia forma cunoscută de la studiul încălzirii superficiale simultane [8].

4. Exemple de calcul a încălzirii rotoarelor masive

Determinarea experimentală a încălzirii rotoarelor masive este greu de făcut, deoarece rotorul se află în mișcare și de aceea trebuie folosite metode speciale.

Încălzirea rotorului masiv în cazul pornirii asincrone se poate determina cu ajutorul vopselelor și al creioanelor indicatoare de temperatură.

Rezultatele unor astfel de încercări și datele mașinilor pe care au fost efectuate sînt date în lucrarea [7]. Menționăm că nu se admite ca supratemperatura suprafeței rotorului să depășească 200°C.

Vom determina cu ajutorul formulei (27) încălzirile aceloraşi rotoare.

I. *Turbogeneratorul cu rotor masiv* T-2 120/80 5 000 kW, 6 250 kVA 6 300 V, 570 A, 3 000 rot/min, folosit drept compensator sincron.

S-a determinat experimental [7]:

$$r'_k = 0{,}27$$

Tensiunea medie la bornele mașinii la pornire este 0,38 U_{1N} sau 2 400 V, iar curentul 2,63 I_{1N} sau 1 520 A.

Pierderile în rotor la pornire sînt

$$p_k = 3\,I_p^2\,r'_k = 3.(1520)^2.0{,}27 = 1{,}870.10^6\ \mathrm{W}.$$

Suprafața rotorului considerînd numai suprafața dinților este de $1{,}85.10^4$ cm^2.

Pierderile pe unitatea de suprafață sînt aproximativ

$$p = 100\ \mathrm{W/cm^2}$$

Durata pornirii este de 28 s.

Este util de menționat că parametrii rotorului masiv pot fi determinați și prin calcul cu ajutorul formulelor date în lucrările [10], [5].

Pentru rotorul acestei mașini se dau valorile [7]:

$k = 0{,}49$ W/cm°C $\qquad m = 1{,}6$ cm^{-1}

$\delta = 7{,}8$ g/cm^3

$c = 0{,}5$ J/g°C

Avem

$$\tau_p = am^2 t_p = 0{,}125.(1{,}6)^2 \cdot 28 = 9$$

$$a = \frac{k}{c\delta} = \frac{0{,}49}{0{,}5 \cdot 7{,}8} = 0{,}125$$

$$\frac{w}{mk} = \frac{100}{1{,}6 \cdot 0{,}49} = 127$$

Pentru $\tau = \tau_p$, adică la sfîrșitul pornirii după relația (30) avem

$$f = 1 + \left(1 - \frac{1}{9}\right)\cdot\frac{2\sqrt{9}}{\sqrt{\pi}} - \frac{4\cdot 9^{3/2}}{3\cdot 9\sqrt{\pi}} - \left(1 - \frac{1}{9}\right) = 0{,}87$$

deci

$$\theta = 110°\mathrm{C}$$

Pentru $\tau = 0{,}7\ \tau_p$ avem

$$f_M = 1{,}03$$

deci

$$\theta_M = 130°\mathrm{C}$$

Calculul grafic indicat în lucrarea [7] dă pentru același caz $\theta_M = 140°C$

Indicatoarele de temperatură au arătat [7] o încălzire medie de 75°C la suprafața rotorului.

II. *Motor sincron* CM — 6 000 — 2, $S = 4\,500$ kVA,

$$P_N = 3\,800 \text{ kW}, \quad U_n = 10\,000 \text{ V}, \quad I_N = 260 \text{ A}, \quad \cos \varphi = 0{,}9$$

$$n = 3\,000 \text{ rot/min}$$

Datele care ne interesează sînt [7] :

$k = 0{,}49$ W/cm°C $\quad m = 1{,}33$ cm^{-1}

$\delta = 7{,}8$ g/cm^3 $\quad w = 130$ W/cm^2

$c = 0{,}5$ J/g°C $\quad t_p = 28$ s

avem

$$a = \frac{0{,}49}{0{,}5 \cdot 7{,}8} = 0{,}125$$

$$\frac{w}{mk} = \frac{130}{1{,}33 \cdot 0{,}49} = 199$$

$$\tau_p = am^2 t = 0{,}125 \cdot (1{,}33)^2 \cdot 28 = 6{,}2$$

Pentru $\tau = \tau_p$ după formula (30) avem

$$f = 0{,}65$$

deci

$$\theta = 130°C$$

Pentru $\tau = 0{,}7\ \tau_p$, găsim

$$f_M = 0{,}76$$

$$\theta_M = 150°C$$

Calculul grafic indicat în lucrarea [7] dă pentru același caz $\theta = 160°C$.

Încălzirile maxime constatate cu indicatoarele de temperatură nu au depășit 145°C.

Rezultă că formulele de calcul pe care le-am stabilit dau rezultate acoperitoare și destul de apropiate de cele obținute experimental.

Notații

c — căldura specifică a metalului în Ws/g°C;

$a = \frac{k}{c\delta}$ — difuzibilitatea termică, în cm^2/s;

h — coeficientul de convecție al suprafeței metalului; în cm^{-1};

$h' = \frac{h}{m}$

k — conductivitatea metalului în W/cm°C;

$m = 2\alpha$;

t — timpul în s;

t_p — durata pornirii, în s;

v_δ — viteza aerului în întrefier, în m/s;

w — pierderile pe unitatea de suprafață, în W/cm^2;

y — distanța de la suprafața plăcii;

α — inversul adîncimii de pătrundere a cîmpului electromagnetic în cm^{-1};

$\alpha_c = hk$ — coeficientul de transmisie a căldurii, în Wcm^2°C;

δ — densitatea metalului, în g/cm^3;

$\eta = my$;

θ — supratemperatura rotorului față de fluidul refrigerent, în punctul situat la distanța y de suprafață;

$\tau = a\,m^2\,t$; $\tau_p = a\,m^2\,t_p$.

Bibliografie

[1] *Crüg C.A.* : Bazele electrotehnicii. (Vol. II), Editura Energetică de Stat, 1953 (trad. din l. rusă).

[2] *Fallou J.* : Leçons d'électrotechnique générale. Gauthier Villars, Paris 1949.

[3] *Neiman Z. B.* : Moșcinîe sinhronnîe electrodvigateli s massivnîmi poliusami na rotore. Electricestvo **87** (1957) 6, 32—34.

[4] *Postnicov I. M.* : Proiectarea mașinilor electrice. Editura Energetică de Stat, București, 1954 (traducere din l. rusă).

[5] *Postnicov I. M., Pavlov V. M., Bertok F. A.* : Metodî rasceta parametrov poverhnostnîh poteri i nagreva sinhronnîh i asinhronnîh mașin s massivnîm rotorom. Vestn. Elektroprom. **29** (1958) 6, 1—8.

[6] *Rîjik I. M.* și *Gradstein I. S.* : Tabele de integrale, sume serii și produse. Editura Tehnică, București 1955 (trad. din limba rusă).

[7] *Stromeatnikov I. A.* : Regimurile de funcționare ale generatoarelor sincrone. Editura Tehnică, București 1956 (trad. din l. rusă).

[8] *Vazaca Chr.* : Încălzirea prin inducție. Editura Academiei R.P.R., București, 1956.

[9] *Wahlberg H.* : Alternateurs triphasés pour la Centrale d'Imatra en Finlande. ASEA Révue **4** (1931) 3—4, 38—63.

[10] *Pik-Piciak A. A.* : Krascetu masivnovo rotora. Vestn. Elektroprom. **30** (1959) 6, 36—44.

[11] *Bilă C. V.*; Pierderile în rotorul masiv al turboalternatorului la funcționarea în regim asincron. Studii și cercetări de Energetică **10** (1960) 2, 353—367.

[12] *Avramescu A.* : Efectul pelicular tranzitoriu. Bul. Șt. al Acad. R.P.R. Științe tehn. și chim. **4** (1952) 3—4, 225—239.

[13] *Avramescu A.* : Über die Zeitkonstante des Skineffektes. Elektrotehn. Z. (ETZ—A) **80** (1959) 3, 78—82.

Intrat în redacție la 24 septembrie 1960.

Analizorul de rețea pentru studiul fenomenelor tranzitorii

Gheorghe Hortopan* – București

Creșterea puterilor de scurtcircuit în rețelele de înaltă tensiune și solicitarea aproape de limită a întreruptoarelor cer o cunoaștere aprofundată a proceselor tranzitorii care apar la deconectare. În lucrare se face o analiză a posibilităților de cercetare a tensiunii oscilante de revenire la bornele întreruptorului și se insistă asupra bazelor teoretice ale modelării dinamice a configurațiilor de rețele, în scopul reproducerii în laborator a tensiunii oscilante de revenire.

CZ 621.316.57.018.33

Odată cu mărirea puterilor instalate în centralele electrice și interconectarea acestor centrale prin intermediul rețelelor de înaltă și foarte înaltă tensiune, solicitările la care sînt supuse întreruptoarele au devenit mai mari.

Pînă nu de mult capacitatea de rupere a întreruptoarelor depășea cu mult curentul maxim de scurtcircuit care apărea în rețea. Din această cauză, deși anumite fenomene, care însoțesc întreruperea curenților în rețele, erau cunoscute (frecvența proprie a tensiunii de restabilire, defectul kilometric, defectul evolutiv etc.), totuși aceste fenomene nu au fost studiate minuțios.

În momentul de față concentrarea de producere de energie electrică și interconectarea au făcut asemenea progrese, încît întreruptoarele abia mai pot face față condițiilor de exploatare în regim normal și în regim de avarie. Ca urmare este necesar a se cunoaște cît mai exact fenomenele care însoțesc procesul întreruperii liniilor și rețelelor electrice în scopul realizării unor întreruptoare capabile să facă față cerințelor de exploatare.

Și în țara noastră se pun asemenea probleme, ținînd seamă că, conform Directivelor Congresului al III-lea al P.M.R. puterea instalată va crește în intervalul 1960—1965 cu 2 380 MW.

În același timp se vor construi 23 000 km de linii electrice de transport din care 750 km de linii de foarte înaltă tensiune. Menționăm că chiar puterea de rupere de 2 500 MVA a întreruptoarelor, la noi în țară este la limită, în anumite puncte ale rețelei de 110 kV.

În studiul de față se urmărește să se prezinte în mod închegat următoarele probleme legate de funcționarea întreruptoarelor în rețelele de înaltă tensiune :

1. Aspectul teoretic al definirii capacității de rupere a unui întreruptor.
2. Analiza succintă a posibilităților de determinare a oscilației tensiunii de restabilire la bornele întreruptorului.
3. Aspectul teoretic al modelării dinamice a rețelei în scopul reproducerii oscilației tensiunii de restabilire.
4. Propuneri în legătură cu realizarea unui model dinamic de rețea pentru studiul fenomenelor tranzitorii, care apar la deconectarea întreruptoarelor.

* Ing. *Gh. Hortopan*, conferențiar la Institutul Politehnic din București, este director tehnic al Institutului de Cercetări Electrotehnice — București.

1. Aspectul teoretic al definirii capacității de rupere al unui întreruptor

1.1. Recomandările CEI.

Publicația CEI nr.56/1954 [1] stabilește reguli privind funcționarea întreruptoarelor în caz de scurtcircuit. Astfel capacitatea de rupere verificată de o încercare este definită de :

— tensiunea de restabilire la frecvența de funcționare în timpul încercării U;

— curentul întrerupt simetric I_s;

— curentul întrerupt asimetric I_{as};

— factorul de supraoscilație γ și fie frecvența de oscilație f_0, fie viteza de creștere v, a tensiunii tranzitorii de restabilire.

Determinarea acestor mărimi se face cu ajutorul oscilogramelor ridicate la încercarea întreruptorului. Astfel din fig.1 care reprezintă oscilograma tip a curentului de scurtcircuit se deduce :

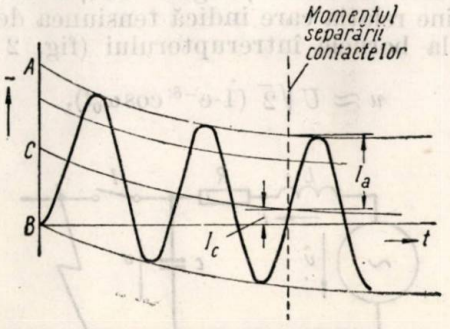


Fig. 1. Oscilograma tip a curentului de scurtcircuit.

$$I_s = \frac{I_a}{\sqrt{2}}, \tag{1}$$

$$I_{as} = \sqrt{\left(\frac{I_a}{2}\right)^2 + I_c^2}. \tag{2}$$

Din fig. 2, care reprezintă oscilograma tip a tensiunii de restabilire, se determină factorul de supraoscilație, ca fiind raportul între valoarea maximă a tensiunii de restabilire și

valoarea de vîrf a tensiunii de restabilire de frecvență industrială, adică:

$$\gamma = \frac{\hat{u}}{U\sqrt{2}} = \frac{\hat{u}}{\hat{U}}. \qquad (3)$$

Oscilograma din fig.2 corespunde convențional schemei de încercare din fig.3. Se admite,

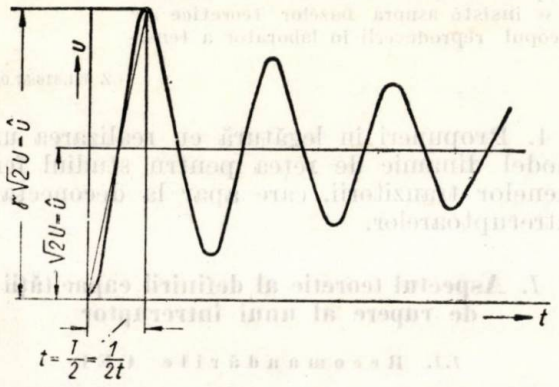


Fig. 2. Oscilograma tip a tensiunii de restabilire cu o singură frecvență de oscilație.

că întreruperea curentului de scurtcircuit are loc la trecerea naturală a acestuia prin valoarea zero.

În acest caz, considerînd că regimul de scurtcircuit este practic pur inductiv, tensiunea sursei la frecvența industrială ar trebui să aibă valoarea instantanee $\sqrt{2}\ U$. Ținînd seamă că frecvența oscilației de restabilire este mult mai mare decît frecvența industrială ($2-5$ k Hz $\gg 50$ Hz), se poate accepta cu aproximație suficient de bună, pentru primele oscilații ale tensiunii de restabilire că tensiunea sursei este continuă și egală cu $\sqrt{2}\ U$. Astfel se obține relația care indică tensiunea de restabilire la bornele întreruptorului (fig. 2 și 3):

$$u \approx U\sqrt{2}\ (1-e^{-\delta t}\cos\omega_0 t), \qquad (4)$$

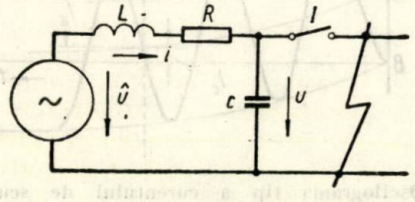


Fig. 3. Circuitul echivalent al schemei de încercare, pentru o singură frecvență de oscilație a tensiunii de restabilire.

în care pulsația proprie a circuitului este:

$$\omega_0 = 2\pi f_0 = 1/\sqrt{LC} \qquad (5)$$

viteza tensiunii de restabilire este:

$$v = \frac{\hat{u}}{t}, \qquad (6)$$

amortizarea este:

$$\delta = \frac{1}{2} RL. \qquad (7)$$

Relația (4) este valabilă numai pentru $t \approx 0$. Procesul apariției tensiunii de restabilire și determinarea vitezei de restabilire au constituit obiectul lucrărilor Prof. Butkevici [2], [3] și Belousov [4].

În lumina recomandărilor CEI capacitatea de rupere a unui întreruptor numai din comoditate se exprimă sub forma:

$$S = m\ U\ I, \qquad (8)$$

unde:

U este tensiunea de restabilire, egală cu tensiunea nominală;
I — curentul întrerupt de întreruptor;
m = 1 pentru un circuit monofazat; $m = 2$ pentru un circuit difazat; $m = 3$ pentru un circuit trifazat.

În relația (8) S este o mărime (exprimată MVA) convențională, observînd că în timpul

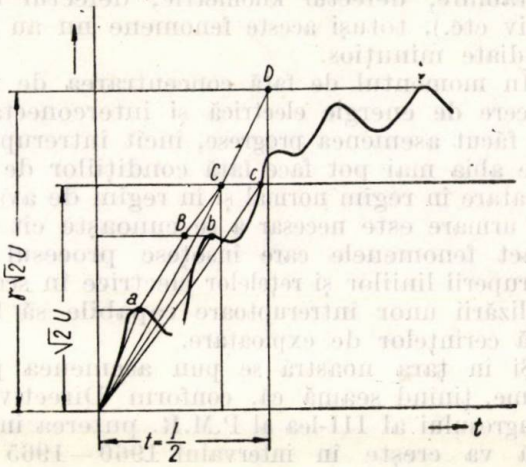


Fig. 4. Procedeu grafic pentru echivalarea unei oscilații cu mai multe frecvențe, cu o oscilație cu o singură frecvență, după CEI.

scurtcircuitului (cînd există I) valoarea tensiunii la bornele întreruptorului este nulă.

Recomandările CEI caută să echivaleze oscilația tensiunii de restabilire cu două sau mai multe frecvențe cu o oscilație cu o singură frecvență. Ca exemplu se poate indica construcția din fig. 4.

1.2. Defectul kilometric, metoda celor patru parametri.

Definirea tensiunii de restabilire prin doi parametri, așa cum prevăd recomandările CEI nu este satisfăcătoare în lumina analizei fenomenului numit defect kilometric, în care caz se produce o tensiune de stabilire cu două frecvențe [5], [6]. În recomandările CEI relația (4) și fig.3 se referă la întreruperea unui

scurtcircuit din imediata apropiere a întreruptorului, adică pe bare. În acest caz dacă curentul întrerupt de întreruptor scade, viteza de restabilire a tensiunii oscilante scade și ea. În adevăr, dacă lungimea liniei crește, curentul de scurtcircuit se diminuează, iar produsul LC din relația (5) crește și ca urmare ω_0 scade.

În cazul cînd, scurtcircuitul nu se produce la bornele întreruptorului ci, pe linie la cîțiva km de întreruptor, viteza de creștere a tensiunei de revenire crește sensibil, deși curentul de scurtcircuit întrerupt scade, din cauza creșterii impedanței. În acest caz apare pericolul reamorsării arcului în întreruptor, iar acesta deși satisface regulele normale CEI, nu poate întrerupe scurtcircuitul; curba de creștere a rezistenței dielectrice în întreruptor este intersectată de curba tensiunii de restabilire. Această situație este critică mai ales pentru întreruptoarele pneumatice și mai puțin critică pentru întreruptoarele cu ulei puțin [5].

Un mod sugestiv de analiză a producerii defectului kilometric este dat de A. Hochrainer [7]. În fig.5 se arată schema de principiu și circuitul echivalent a unei rețele în care are loc un scurtcircuit pe linie la o mică distanță de întreruptor. Rețeaua este înlocuită printr-un circuit echivalent format dintr-un generator și elemente concentrate R, L, C. Linia este înlocuită printr-un cvadripol echivalent în π, căruia îi lipsește capacitatea din dreapta din cauza scurtcircuitului. La reprezentarea schemei echivalente din fig.5 nu s-a ținut seamă de perditanță. În fig. 5,*c* sînt reprezentate și nivelele de tensiune înainte (A) și după (B) ridicarea scurtcircuitului.

Tensiunea bornei *2* a întreruptorului față de pămînt, după separarea contactelor este dată de relația

$$u_2 = \hat{U}_2 \, e^{-\delta t}\left(\cos \omega_e t + \frac{\delta}{\omega_e} \sin \omega_e t\right) \qquad (9)$$

în care : $\hat{U}_2$ este tensiunea de încărcare a condensatorului $\frac{C_0 x}{2}$ în momentul separării contactelor întreruptorului. S-a făcut ipoteza că în momentul separării contactelor întreruptorului, curentul de scurtcircuit este practic nul. Demonstrația relației (9) este dată în anexa 1.

Tensiunea bornei *1* a întreruptorului, față de pămînt, după separarea contactelor este dată de relația :

$$u_1 = \hat{U}_1 + e^{-\delta t}\left(\cos \omega_e t + \frac{\delta}{\omega_e} \sin \omega_e t\right)(\hat{U}_2 - \hat{U}_1) \qquad (10)$$

relație în care : $\hat{U}_1$ este valoarea de vîrf a tensiunii alternative la 50 Hz a sursei și $\hat{U}_2$ este valoarea de vîrf a tensiunii alternative la care s-a încărcat condensatorul C în momentul separării contactelor întreruptorului.

S-a admis că tensiunea sursei este continuă, ceea ce se poate accepta ținînd seama că frecvența proprie de oscilație este mult mai mare (2000—3000 Hz), decît frecvența sursei (50 Hz). De asemenea, s-a admis că la întreruperea curentului de scurtcircuit acesta trece în mod natural prin valoarea zero.

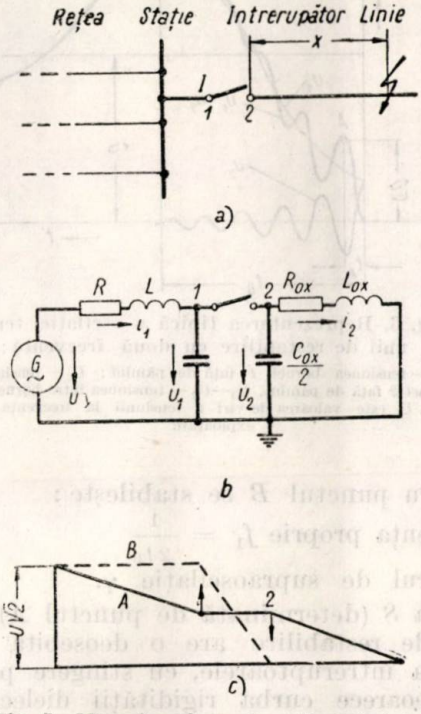


Fig. 5. Mecanismul producerii defectului kilometric :
a — schema rețelei ; *b* — circuitul echivalent ; *c* — diagrama tensiunilor înainte de deschiderea întreruptorului (A), după deschiderea întreruptorului (B).

Demonstrația relației (10) este dată în anexa 2, iar în fig. 6 s-au reprezentat curbele u_2 dată de relația (9), u_1 dată de relația (10 precum și $u_1 - u_2$, care reprezintă tensiunea de restabilire la bornele întreruptorului. Curbele din fig.6 arată modul tipic de producere al tensiunii oscilante de restabilire cu două frecvențe. Pulsația proprie ω_{e2} este mult superioară pulsației proprii ω_{e1} a rețelei, în cazul cînd scurtcircuitul se produce pe o linie la cîțiva kilometri de întreruptor. Ca urmare viteza de creștere a tensiunii de restabilire, în faza inițială, este foarte mare și din această cauză apare pericolul reamorsării arcului în întreruptor, dacă viteza de restabilire a rigidității dielectrice a acestuia nu crește suficient de rapid. Acesta este motivul că definirea tensiunii oscilante de restabilire numai prin 2 parametri, după recomandările CEI, nu mai este satisfăcătoare. Propunerile recente de a defini tensiunea oscilantă de revenire prin patru parametri [6] sînt justificate. Astfel, tensiunea de restabilire reprezentată de curba $u_1 - u_2$ este caracterizată de patru

parametri, prin cele două puncte A și B, care definesc primul și ultimul maximum. Pentru punctul A se stabilește:

panta $S = \frac{\hat{U}}{t_A}$;

factorul de suboscilație σ.

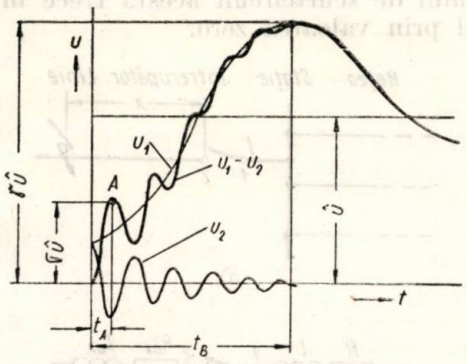


Fig. 6. Reprezentarea tipică a oscilației tensiunii de restabilire cu două frecvențe:

U_1 — tensiunea bornei *1* față de pămînt; U_2 — tensiunea bornei *2* față de pămînt, $U_1 - U_2$ — tensiunea între bornele *1* și *2*. $\hat{U}$ este valoarea de vîrf a tensiunii la frecvența de exploatare

Pentru punctul B se stabilește:

frecvența proprie $f_1 = \frac{1}{2\,t_B}$

factorul de supraoscilație γ.

Panta S (determinată de punctul A) a tensiunii de restabilire are o deosebită importanță la întreruptoarele, cu stingere pneumatică, deoarece curba rigidității dielectrice a acestor întreruptoare fie că are un palier în faza inițială, fie că rigiditatea dielectrică crește relativ lent, așa cum se arată în fig.7. La întreruptoare cu ulei puțin rigiditatea dielectrică crește rapid, iar pericolul amorsării arcului este determinat de parametrii punctului B din fig. 6.

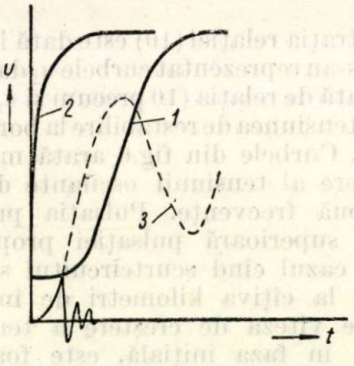


Fig. 7. Curbe pentru stabilirea rigidității dielectrice a întreruptoarelor:

1 — la întreruptoare cu stingere pneumatică; *2* — la întreruptoare cu ulei puțin; *3* — curba tensiunii de restabilire, cu amorsare în faza inițială a separării contactelor.

2. Analiza succintă a posibilităților de determinare a oscilației tensiunii de restabilire

Din cercetarea procesului de întrerupere al întreruptorului, expus la punctul 1, rezultă că pentru fiecare punct al rețelei trebuie să se cunoască tensiunea oscilantă de restabilire în afară de valoarea curentului de scurtcircuit. Această tensiune trebuie să fie cunoscută și în condițiile defectului kilometric. De asemenea, întreruptoarele, trebuie încercate în stații de încercări [8] în condițiile reproducerii tensiunii oscilante cu două frecvențe.

Analiza posibilităților de determinare a oscilației tensiunii de restabilire [9], [10] conduce la următoarea schemă:

Metode pentru determinarea tensiunii de revenire oscilante

- 2.1. Metode cu rețea existentă
  - Cu rețea vie
    - scurtcircuit de scurtă durată
    - variația bruscă de sarcină (Fourmarier)
  - Cu rețea moartă (de rezonanță)
    - cu tensiune auxiliară
    - cu impuls de curent
- 2.2. Metode fără rețea
  - prin calcul
  - cu măsurători pe *model*

Metodele care folosesc rețele existente permit obținerea de informații privind funcționarea rețelelor date. Metodele care nu folosesc rețele date adică metodele de calcul și de informare cu ajutorul modelelor se folosesc în cazul proiectelor.

2.1. Metode care folosesc rețele existente

Rețeaua vie. Avantajul realizării *scurtcircuitelor directe* în rețea constă în faptul că în aceste împrejurări apar toate fenomenele neliniare dependente de tensiune cum sînt: *saturația și efectul corona.* Rezultatele obținute *relativ la tensiune oscilantă de revenire sînt valoroase* dacă întreruptorul folosit se apropie cît mai mult de un întreruptor ideal, ceea ce din punct de vedere practic se realizează folosind un întreruptor cu putere de rupere mult superioară puterii de scurtcircuit, în punctul de experimentare al rețelei. De asemenea, întreruptorul ar trebui lipsit de capacități sau rezistențe necesare repartiției tensiunii.

Deranjamentele în funcționarea rețelei se reduc la minimum (practic zero) dacă durata scurtcircuitului este limitată la cîteva semiperioade, cu ajutorul unui comutator program adecvat. [11], [12].

Dezavantajul înregistrării tensiunii oscilante, prin această metodă, constă în faptul că practic

se poate experimenta numai *un număr redus de configurații de rețele*. Experimentarea pe o rețea mai încărcată sau mai puțin încărcată este posibilă prin alegerea unui moment potrivit pentru realizarea încercării.

Metoda Fourmarier [9] constă în a conecta sau deconecta la o rețea existentă o sarcină suficient de mare. În aceste condiții se măsoară (înregistrează) procesul tranzitoriu. Variațiile de tensiune, la acest procedeu, sînt relativ reduse și din această cauză trebuie luate măsuri speciale pentru a le sesiza. Aceste măsuri constau principial din metode de a scădea pe cale electrică tensiunea rețelei nedistorsionate din tensiunea variabilă care conține procesul tranzitoriu. Componenta care se scade se poate obține după *Fourmarier* dintr-un generator separat sau prin înmagazinarea tensiunii rețelei nedistorsionate. *Metoda Fourmarier are dezavantajul că armonicile de tensiune sînt de același ordin de mărime cu variațiile de tensiune* în procesul tranzitoriu și ca urmare rezultatele pot fi apreciabil falsificate. Ca și la încercarea de scurtcircuit direct, configurațiile de rețea care pot fi studiate sînt reduse. Avantajul metodei constă în faptul că rețeaua nu este distorsionată în timpul experimentării.

Rețeaua moartă. Metodele folosite utilizînd o rețea moartă dau rezultate foarte exacte. Aceste metode pot fi folosite destul de rar deoarece o rețea nu poate fi lipsită de tensiune un timp mai îndelungat, pentru efectuarea experimentărilor.

In cazul folosirii metodei cu tensiune alternativă auxiliară se conectează în locul generatorului o altă sursă de tensiune alternativă mai redusă. Se procedează apoi la realizarea scurtcircuitului și la întreruperea acestuia.

Metoda impulsului de curent (*injectării de curent*) se bazează pe faptul că în rețea apar aceleași fenomene tranzitorii, ca la întreruperea unui scurtcircuit, dacă în locul întreruptorului se injectează rețelei un curent sinusoidal de semn contrar cu curentul de scurtcircuit. Astfel rețeaua moartă primește un curent sinusoidal de mărime arbitrară în scopul obținerii fenomenelor tranzitorii corecte în ipoteza că rețeaua este liniară. În cazul cînd frecvența oscilației proprii este mult mai mare decît frecvența de exploatare, în locul curentului sinusoidal se poate folosi un *curent care crește liniar*. Cheltuiala cu această metodă este redusă și se pot înregistra rapid multe elemente.

Metodele folosind rețeaua moartă sînt metode de rezonanță. Teoretic tensiunea oscilantă poate fi calculată, dacă se cunoaște frecvența proprie și amortizarea din datele rețelei. Din punct de vedere practic numai la configurații de rețea simple există o concordanță între calcul și măsurătoare.

2.2. Metode fără rețea

Încercarea fără rețea are avantajul de a permite experimentarea fără a depinde de rețeaua în exploatare și de a obține rezultate pentru orice punct al rețelei. Dezavantajul acestor metode constă în faptul că în cercetare se folosesc elemente ale rețelei, care nu sînt totdeauna suficient de bine cunoscute. Aplicarea acestor metode cer o confirmare a aplicabilității și exactității lor. Pentru a obține confirmarea menționată există două căi:

— un fundament logic pentru modelare (schematică sau fizică) a rețelei;

— o comparare a unor rezultate obținute prin aceste metode fără rețea cu rezultatele obținute cu rețea prin metodele menționate.

Calculul. Din literatură rezultă că aplicarea calculului este indicată în cazul configurațiilor simple și în aceste cazuri se pot obține rezultate *mai mult* asupra frecvenței proprii de oscilație și *mai puțin* asupra amortizării. Rețelele complexe se reduc la cazuri mai simple prin acceptarea unor simplificări care pot fi făcute numai pe baza unor experiențe îndelungate. În cazuri concrete calculul însuși este complicat, anevoios și necesită mult timp. Din această cauză calculul este folosit numai pentru a face evaluări aproximative asupra fenomenelor și pentru a verifica rezultatele obținute cu ajutorul modelelor.

Măsurătorile pe model. Modelul unei rețele reprezintă de fapt o mașină de calcul, care în cazul de față, indică direct curba calculată pe ecranul unui oscilograf. Ca element comun, atît metoda calculului cît și metoda pe model mențin folosirea unor date insuficient de exacte asupra unor elemente de rețea. Acest dezavantaj este mai puțin important la metoda studiului pe model.

În adevăr, cunoscîndu-se, în prima etapă, numai date aproximative asupra rețelei se determină frecvența proprie de oscilație. În mod comod și rapid se pot modifica elementele rețelei în ce privește aproximația modelării și se poate constata imediat influența modificării asupra frecvenței proprii a tensiunii oscilante. În acest mod se poate verifica dacă la modelare este sau nu nevoie de date mai exacte.

3. Modelarea rețelei în scopul reproducerii tensiunii oscilante de restabilire

3.1. Aspectul general al modelării

Reproducerea procesului de întrerupere se realizează cu ajutorul unui model de curent alternativ în care în afară de reactanțe și rezistențe sînt reprezentate și capacitățile liniilor. Reprezentarea constă din introducerea în model a cuadripolilor echivalenți (spre exemplu în π) pentru porțiuni relativ reduse de linie,

În cazul cînd elementele reproduse în model (transformatoare, bobine) nu au amortizarea necesară se adaugă rezistențe suplimentare.

Transformatoarele, generatoarele și bobinele limitatoare de curent sînt modelate sub forma unor elemente concentrate.

Frecvența folosită la cercetarea pe modele este limitată la cel mult 5 kHz. Evident că folosirea unei frecvențe superioare permite o micșorare în greutate și volum a elementelor schemei. Limitarea frecvenței este determinată de factorii următori:

— La frecvențe ridicate bobinele reprezentate în model posedă o amortizare mult mai mare decît piesele reale din rețea.

— La frecvențe ridicate se produc influențe mutuale datorită pieselor apropiate și cablajului instalației de modelare.

Din această cauză frecvențele folosite la modelele cu care se studiază frecvența oscilantă de revenire sînt cuprinse între 50 Hz [13] și 250 Hz [14].

3.2. Relațiile de similitudine între elementele rețelei și ale modelului

În fig. 8 s-au reprezentat schematic circuitele echivalente pentru rețea și pentru model, în cazul producerii scurtcircuitului la bornele întreruptorului. Cu indicele r s-au notat elementele rețelei, iar cu indicele m s-au notat elementele modelului. Tensiunea care apare la bornele întreruptorului, după întreruperea curentului, la trecerea lui naturală prin zero, este de forma

$$u = k\hat{U}\left[1 - e^{-\delta t}\left(\cos \omega_e t + \frac{\delta}{\omega_e} \sin \omega_e t\right)\right] \qquad (11)$$

În relația (11) s-a admis că $\hat{U}$ este o tensiune constantă, egală cu valoarea de vîrf

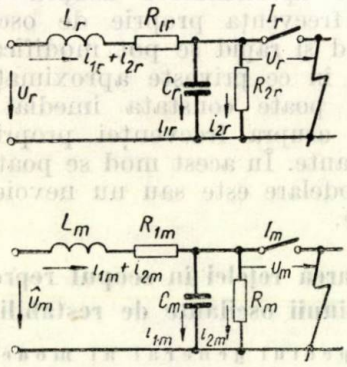


Fig. 8. Circuitele echivalente în cazul producerii scurtcircuitului la bornele întreruptorului: *a* — în rețea; *b* — în model.

a tensiunii alternative la frecvența de exploatare. De asemenea, nu s-au mai scris indicii pentru model sau pentru rețea, deoarece relația este valabilă atît pentru model cît și pentru rețea.

Deducerea relației (11) este indicată în anexa 3.

Deoarece calculul cu ajutorul mărimilor relative oferă avantaje reale, se definesc mărimi de bază atît pentru rețea cît și pentru model, ca în tabela 1.

Tabela 1

Mărimi de bază în rețea și în model

Nr.	Mărimea	În rețea	În model
1	Tensiune	U_{Br}	U_{Bm}
2	Curent	I_{Br}	I_{Bm}
3	Putere	$S_{Br} = U_{Br} \cdot I_{Br}$	$S_{Bm} = U_{Bm} \cdot I_{Bm}$
4	Impedanță	$Z_{Br} = \frac{U_{Br}^2}{S_{Br}}$	$Z_{Bm} = \frac{U_{Bm}^2}{S_{Bm}}$
5	Admitanță	$Y_{Br} = \frac{1}{Z_{Br}}$	$Y_{Bm} = \frac{1}{Z_{Bm}}$

Dacă se consideră o impedanță $\underline{Z}_m$ în model și o impedanță $\underline{Z}_r$ în rețea, relația care arată conservarea fazei și a modelului în unități relative este:

$$\frac{Z_m e^{\pm j\varphi}}{Z_{Bm}} = \frac{Z_r e^{\pm j\varphi}}{Z_{Br}}. \qquad (12)$$

În cazul unor impedanțe cu reactanță inductivă relația (12) se scrie:

$$\frac{R_m + jX_{im}}{Z_{Bm}} = \frac{R_r + jX_{ir}}{Z_{Br}}. \qquad (13)$$

Iar în cazul unor impedanțe cu reactanță capacitivă:

$$\frac{R_m - jX_{cm}}{Z_{Bm}} = \frac{R_r - jX_{cr}}{Z_{Br}}. \qquad (14)$$

Cu notațiile:

$$X_{im} = L_m \omega_m,\ X_{ir} = L_r \omega_r,\ X_{cm} = \frac{1}{C_m \omega_m},\ X_{cr} = \frac{1}{C_r \omega_r},$$

din relațiile (13) și (14) rezultă elementele pentru model:

$$R_m = \frac{Z_{Bm}}{Z_{Br}} R_r, \qquad (15)$$

$$L_m = \frac{\omega_r}{\omega_m} \cdot \frac{Z_{Bm}}{Z_{Br}} L_r, \qquad (16)$$

$$C_m = \frac{\omega_r}{\omega_m} \cdot \frac{Z_{Br}}{Z_{Bm}} C_r. \qquad (17)$$

Relațiile (15), (16) și (17) sînt utile pentru cercetarea *situației* staționare și nu oferă

nici o indicație de similitudine pentru fenomenele tranzitorii și în special pentru amortizare și frecvențele proprii de oscilație ale circuitelor. Pentru determinarea acestei similitudini se consideră amortizarea și frecvența proprie de oscilație pentru model și original, conform cu relațiile din anexa 3:

$$\delta_r = \frac{L_r + R_{1r} R_{2r} C_r}{2 C_r L_r R_{2r}} \tag{18}$$

$$\delta_m = \frac{L_m + R_{1m} R_{2m} C_m}{2 C_m L_m R_{2m}} \tag{19}$$

$$\omega_{er} = \sqrt{\omega_{0r}^2 - \delta_r^2} \tag{20}$$

$$\omega_{em} = \sqrt{\omega_{0m}^2 - \delta_m^2}. \tag{21}$$

Prin împărțirea relațiilor (19) cu (18) și (21) cu (20) și ținînd seamă de relațiile (15), (16), (17) se obține:

$$\frac{\delta_m}{\delta_r} = \frac{\omega_m}{\omega_r}, \tag{22}$$

$$\frac{\omega_{em}}{\omega_{er}} = \frac{\omega_m}{\omega_r}. \tag{23}$$

Raportul perioadelor T_m și T_r este evident:

$$\frac{T_m}{T_r} = \frac{\omega_r}{\omega_m}. \tag{24}$$

Din relațiile (22), (23) și (24) se trag următoarele concluzii:

Raportul amortizărilor este egal cu raportul frecvențelor de serviciu, iar raportul frecvențelor proprii de oscilație este egal cu raportul frecvențelor de serviciu. De aici rezultă că la un model cu frecvența mai mare (de exemplu 250 Hz) amortizarea este mai puternică, dar deoarece la model, și frecvența proprie crește în același raport cu amortizarea aspectul oscilației modelului va fi asemenea cu aspectul oscilației rețelei.

Factorul de supraoscilație indicat de relația (3) se calculează din relația (11), ținînd seamă că, în această relație, valoarea maximă a oscilației se obține pentru $t = \frac{\pi}{\omega_e}$ și este

$$\hat{u} = k\hat{U}\left(1 - e^{-\delta \frac{\pi}{\omega_e}}\right) \text{ și deci pentru model:}$$

$$\gamma_m = k_m\left(1 - e^{-\delta_m \frac{\pi}{\omega_{em}}}\right). \tag{25}$$

Dacă în relația (25) se înlocuiește $\delta_m = \frac{\delta_r}{\omega_{er}} \omega_{em}$ ceea ce se poate obține din relațiile (22) și (23) și se ține seama de relația (15), se obține:

$$\gamma_m = \gamma_r \tag{26}$$

adică factorul de supraoscilație în model este egal cu factorul de supraoscilație în rețea și deci, scara de reducere a modelului nu are influență asupra factorului de supraoscilație.

În tabela 2 s-au indicat rezultatele calculelor pentru elementele modelului.

Tabela 2

Mărimile în model, în funcție de mărimile în rețea (vezi și tabela 1)

Nr.	Mărimea	În rețea	În model
1	Frecvența de serviciu	ω_r	ω_m
2	Frecvența proprie	ω_{er}	$\omega_{em} = \frac{\omega_m}{\omega_r} \omega_{er}$
3	Rezistența	R_r	$R_m = \frac{Z_{Bm}}{Z_{Br}} R_r$
4	Inductanța	L_r	$L_m = \frac{\omega_r}{\omega_m} \cdot \frac{Z_{Bm}}{Z_{Br}} L_r$
5	Capacitatea	C_r	$C_m = \frac{\omega_r}{\omega_m} \cdot \frac{Z_{Br}}{Z_{Bm}} C_r$
6	Amortizarea	δ_r	$\delta_m = \frac{\omega_m}{\omega_r} \delta_r$
7	Timpul (perioada)	T_r	$T_m = \frac{\omega_r}{\omega_m} T_r$
8	Factorul de supraoscilație	γ_r	$\gamma_m = \gamma_r$

4. Aparatura necesară

Instalația pentru măsura tensiunii oscilante de restabilire este indicată principial în fig. 9

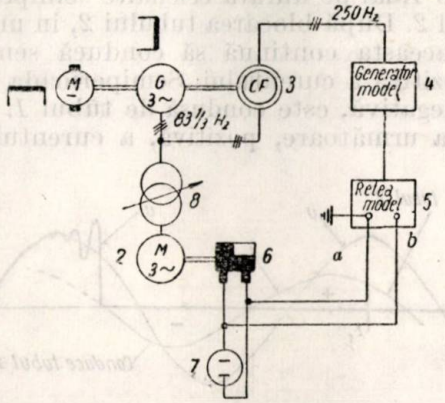


Fig. 9. Schema de principiu pentru înregistrarea tensiunii oscilante de restabilire:
1 — generator sincron 83 1/3 Hz; *2* — motor sincron 2p = 4; *3* — convertizor de frecvență 83 1/3/250 Hz; *4* — generator modelat; *5* — rețea modelată; *6* — scurtcircuitor; *7* — oscilograf catodic; *8* — regulator de fază.

[14]. La bornele *a b* apare tensiunea de restabilire, dacă scurtcircuitul existent mai înainte este ridicat, ceea ce se realizează cu ajutorul scurtcircuitorului *6*, care are o porțiune izolată. Pentru a se obține o imagine stațio-

nară pe ecranul unui osciloscop, este necesar ca procesul ridicării scurtcircuitului să se repete de mai multe ori într-o secundă. Practic este suficient dacă această repetare are loc la șase semiperioade, ceea ce se realizează din numărul de poli ai motorului sincron *2* și din frecvența convertizorului de frecvență *3*, care alimentează modelul de generator *4* și deci modelul de rețea *5*. Pentru reglarea momen-

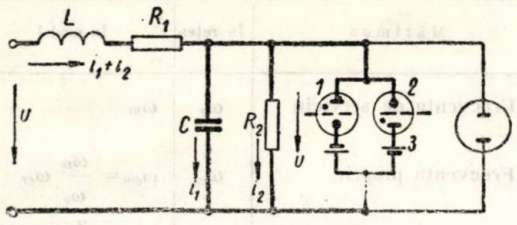


Fig. 10. Schema de principiu pentru reproducerea tensiunii oscilante de restabilire:

1,2 — tiratroane; *3* — surse de tensiune pentru compensarea căderii interne în tiratroane; *4* — oscilograf catodic.

tului ridicării scurtcircuitului se folosește regulatorul de fază *8*. În acest mod se poate reproduce situația din rețea ca întreruperea circuitului să aibă loc la trecerea naturală a curentului prin valoarea zero. Pentru înregistrarea curbei se folosește un osciloscop normal *7*, al cărui ecran se fotografiază.

O soluție mai corespunzătoare [15] este indicată principial în fig. 10. În această figură se poate recunoaște același circuit din fig. 8, în care întreruptorul este reprodus de două tuburi tiratron *1,2* montate antiparalel. Cînd tuburile *1* și *2* sunt neblocate curentul de scurtcircuit este stabilit pe durata unei semiperioade de tubul *1*, iar pe durata celeilalte semiperioade de tubul *2*. După blocarea tubului *2*, în momentul t_1, aceasta continuă să conducă semiperioada pozitivă a curentului. Semiperioada următoare, negativă, este condusă de tubul *1*. Semiperioada următoare, pozitivă, a curentului nu

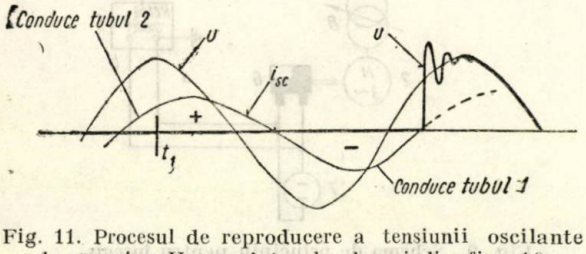


Fig. 11. Procesul de reproducere a tensiunii oscilante de revenire *U* cu ajutorul schemei din fig. 10:

U — tensiunea generatorului; i_{sc} — curentul de scurtcircuit.

mai apare din cauza blocării tubului *2* și ca urmare la trecerea prin zero a curentului apare tensiunea oscilantă de restabilire ca în fig. 11, curba *u*. Repetarea procesului descris la fiecare a șaptea semiperioadă permite a se obține o imagine staționară pe ecranul unui osciloscop normal. Folosirea tuburilor tiratron are avantaje reale asupra folosirii întreruptorului mecanic și anume:

— Se poate executa o sincronizare a procesului cu precizie de microsecunde.

— Curenții de scurtcircuit, conduși de tuburile tiratron, pot fi apreciabil mai mari decît în cazul întreruptorului mecanic.

Modelul de întreruptor electronic descris reproduce corect cerințele unui întreruptor ideal în rețea. Un asemenea întreruptor în rețea nu trebuie să influențeze forma tensiunii oscilante de restabilire din cauze proprii cum sînt: conductibilitatea de rest, rezistențe sau condensatoare pentru repartiția tensiunii pe camerele de stingere. Practic în rețea se ajunge la acest rezultat cînd puterea de rupere a întreruptorului este mult mai mare decît puterea de scurtcircuit a rețelei.

Concluzii

Ținînd seamă de avantajele reale pe care le oferă, atît celui care le construiește, cît și celui care exploatează aparate de înaltă tensiune, de a cunoaște în fiecare punct al rețelei solicitarea la care este supus întreruptorul se consideră că este necesar a se construi un analizor de rețea pentru studiul fenomenelor tranzitorii și în special a tensiunii oscilante de restabilire.

Folosirea analizorului de rețea va permite constructorului de întreruptoare să se adapteze în permanență la condițiile rețelelor, iar energeticianul va putea alege întreruptorul potrivit pentru fiecare regiune a rețelei.

ANEXA 1

Deducerea relației (9). Legea lui Kirchhoff aplicată circuitului din dreapta, (Fig. 5, *b*), după separarea contactelor întreruptorului conduce la:

$$U_2 = R_0 x i_2 + L_0 x \frac{di_2}{dt}, \tag{27}$$

în care $$u_2 = \hat{U}_2 - u, \text{ deci} \tag{28}$$

$$\hat{U}_2 - u = R_0 x i_2 + L_0 x \frac{di_2}{dt}, \tag{29}$$

$$i_2 = C_0 x \frac{du}{dt}. \tag{30}$$

Din relațiile (29) și (30) rezultă

$$\hat{U}_2 = L_0 C_0 \frac{x^2}{2} \frac{d^2u}{dt^2} + R_0 C_0 \frac{x^2}{2} \frac{du}{dt} + u. \tag{31}$$

Cu condițiile inițiale: $t = 0, u = 0, i_2 = 0$ se aplică transformata Laplace (Carson):

$$\hat{U}_2 = L_0 C_0 \frac{x^2}{2} p^2 \mathfrak{L}u - R_0 C_0 p \mathfrak{L}u - \mathfrak{L}u,$$

sau:

$$\mathfrak{L}u = \frac{\hat{U}_2}{\frac{L_0 C_0 x^2}{2}} \left[\frac{1}{p^2 + \frac{R_0}{L_0} p + \frac{2}{L_0 C_0 x^2}} \right]. \tag{31}$$

Cu notațiile:

$$\delta_2 = \frac{R_0}{2L_0}; \qquad \omega_{02}^2 = \frac{2}{L_0 C_0 x^2}; \qquad \omega_{e2} = \sqrt{\omega_{02}^2 - \delta_2^2},$$

rezultă:

$$\mathfrak{L}u = \frac{\hat{U}_2}{\frac{L_0 C_0 x^2}{2}} \left[\frac{1}{p^2 + 2\delta_2 p + \omega_{02}^2} \right].$$

Funcția originală este:

$$u = \hat{U}_2 \left[1 - e^{-\delta_2 t} \left(\cos\omega_{e2} t + \frac{\delta_2}{\omega_{e2}} \sin\omega_{e2} t \right) \right] \qquad (32)$$

Ținînd seama de relația (28) rezultă u_2 din relația (9).

ANEXA 2

Deducerea relației (10). Legea lui Kirchhoff aplicată circuitului din stînga (Fig. 5, *b*), conduce la:

$$\hat{U}_1 = L \frac{di_1}{dt} + Ri_1 + u_1, \qquad (33)$$

în care

$$u_1 = \hat{U}_2 + u \qquad (34)$$

și

$$i_1 = C \frac{du}{dt}; \qquad (35)$$

Din relațiile (33) (34) și (35) rezultă:

$$\hat{U}_1 - \hat{U}_2 = LC \frac{d^2u}{dt^2} + RC \frac{du}{dt} + u. \qquad (36)$$

Cu condițiile inițiale $t = 0$, $u = 0$, $i_1 = 0$.

Prin aplicarea transformatei Laplace (Carson) se obține:

$$\mathfrak{L}u = \frac{\hat{U}_1 - \hat{U}_2}{LC} \cdot \frac{1}{p^2 + \frac{R}{L} p + \frac{1}{LC}}. \qquad (37)$$

Cu notațiile:

$$\delta_1 = \frac{R}{2L}; \qquad \omega_{01}^2 = \frac{1}{LC}; \qquad \omega_{e1} = \sqrt{\omega_{01}^2 - \delta_1^2},$$

rezultă:

$$\mathfrak{L}u = \frac{\hat{U}_1 - \hat{U}_2}{LC} \left[\frac{1}{p^2 + 2\delta_1 p + \omega_{01}^2} \right].$$

Funcția originală este:

$$u = (\hat{U}_1 - \hat{U}_2) \left[1 - e^{-\delta t} \left(\cos\omega_{e1} t + \frac{\delta_1}{\omega_{e1}} \sin\omega_{e1} t \right) \right] \qquad (38)$$

Ținînd seama de relația (34) rezultă u_1 din relația (10)

ANEXA 3

Deducerea relației (11). Urmărind schema din Fig. 8, fără a ține seama de indicii γ sau m se scrie:

$$\hat{U} = \frac{d(i_1 + i_2)}{dt} + R_1(i_1 + i_2) + u, \qquad (39)$$

$$i_2 = \frac{u}{R_2}, \qquad (40)$$

$$i_1 = C \frac{du}{dt}. \qquad (41)$$

Introducînd valorile pentru i_1 și i_2 în relația (39) se obține:

$$CL \frac{d^2u}{dt^2} + \left[\frac{L}{R_2} + R_1 C \right] \frac{du}{dt} + \left[\frac{R_1}{R_2} + 1 \right] u = \hat{U} \qquad (42)$$

Cunoscînd condițiile inițiale, adică la $t = 0$, $i_1 = i_2 = 0$; $u = 0$ și aplicînd transformata Laplace (Carson) se obține:

$$\mathfrak{L}u = \frac{\hat{U}}{CL} \cdot \frac{1}{p^2 + \frac{L + R_1 R_2 C}{CLR_2} p + \frac{R_1 R_2}{CLR_2}}. \qquad (43)$$

Cu notațiile:

$$\frac{L + R_1 R_2 C}{2CLR_2} = \delta, \qquad (44)$$

$$\frac{R_1 + R_2}{CLR_2} = \omega_0^2, \qquad (45)$$

$$\omega_e = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}. \qquad (46)$$

$$k = \frac{R_2}{R_1 + R_2}. \qquad (47)$$

Se obține funcția originală din relația (11).

Bibliografie

[1] * * * Regles de la CEI pour le disjoncteur à courant alternatif. Publ. nr. 56 Génève, 1954.

[2] *Butchevici, I. V.*: Partea electrică a centralelor și stațiilor electrice. Traducere din limba rusă, EES, București, 1953.

[3] *Sirotinski L. L.*: Tehnica tensiunilor înalte. G.E.I. Moscova-Leningrad 1951.

[4] *Belousov M. M.*: Vitezele de restabilire a tensiunii la contactele întreruptorului în sistemele energetice de mare putere. Elektricestvo **77** (1957) 4, 21.

[5] *Orgeret L., Renaud I.*: Le disjoncteur a haute tension et les vitesse de retablissment de tension élévées. Le defaut kilometrique. Bul. Soc. Fr. El. 7 serie **9** (1959) 108.

[6] *Hochrainer A.*: Proposition relative à la détermination d'une tension transitoire de retablissment équivalente pour les disjoncteurs (Méthode de quatre paramètres) Anexe II Rap. 151 CIGRÉ, 1958.

[7] *Hochrainer A.*: Der Abstandskurzschluss ETZ A **80** (1959) H 3, 65–70.

[8] *Maury E., Lavant M.; Vigreux I.*: Le Cerda (Centre d'Essaiss et de Recherches Delle-Alsthom) RGE **44** (1960) Tome 69 nr. 3, 135–174.

[9] *Fourmarier P.*: New experimental metods for determining restriking voltage. Results obtaind on the Belgium sistems. CIGRÉ Rap. 117, 1950.

[10] *Hochrainer A., Kriechbaum K.*: Verfahren zum Bestimmen der Einschwingspannung. ETZ A **77** (1956) H. 20, 721–724.

[11] *Cernîsev N. M., Arzaiev A. M.*: Aparat pentru comandă automată a experiențelor în laborator la puteri de rupere Electricestvo **79** (1959) 50.

[12] *Horlopan, Gh.*: Comutator program pentru încercarea aparatajului de comutație. Electrotehnica **7** (1959) 4, 135–139.

[13] *Kriechbaum, K.*: Netzanalisator zur Messung der Einschwingspannung. ETZ A **78** (1957) H 17, 593 – 599.

[14] *Bretschneider G.*: Die Messung der wiederkehrenden Spannung mit Hilfe des Netzmodelles. nr. 331 Studiengesellschaft f.H.e.V., Ruit Westdeutscher Verlag/ Köln u. Opladen 1956.

[15] *Kriechbaum K.*: Ueber die Messung der Einschwingspannung im Netzanalysator. ETZ A **80** (1959) H 7, 193–196.

Intrat în redacție la 1 octombrie 1960.

Materiale pentru contacte de întrerupere rezistente la uzură

Aurel Avramescu, Ion Barbu şi Constantin Fugaru * — Bucureşti

Contactele reprezintă în aparatele electrice elemente delicate de a căror bună funcţionare depinde siguranţa şi protecţia instalaţiilor. Cum soluţiile nu pot îndeplini încă toate exigenţele, studiul contactelor este la ordinea zilei în literatura de specialitate. In această primă lucrare privind contactele se prezintă solicitările din exploatare şi materialele de contact împreună cu unele studii ce s-au întreprins în aceste probleme la ICET.

Aparatele de întrerupere au, în toate instalaţiile electrice, un rol foarte important. Tehnica nouă şi mai ales introducerea pe o scară largă a automatizării impune un regim sever aparatelor de întrerupere de joasă tensiune. Solicitărilor care intervin nu li se poate face faţă decît cu echipament de cea mai bună calitate, în speţă cu aparate de întrerupere sigure şi rezistente la uzură. În acest scop se prevăd materiale de calitate superioară pentru contactele de întrerupere ale acestor aparate, cu observaţia că din toate aceste materiale trebuie să se aleagă, totuşi, materialul care mai îndeplineşte şi condiţiile tehnico-economice ce le impune o fabricaţie de mare serie. Din aceste motive alegerea materialului pentru contactele de întrerupere destinate a fi montate în anumite aparate electrice trebuie să se facă judicios, după o matură chibzuinţă punînd în balanţă avantajele şi dezavantajele ce le comportă diferitele soluţii.

În cele ce urmează se încearcă să se analizeze, pe de o parte, solicitările contactelor în aparatajul modern de întrerupere, pe de alta, să se dea indicaţii asupra structurii şi tehnologiei contactelor în vederea alegerii judicioase a materialului pentru diferite destinaţii. Numai astfel se poate asigura o producţie de înaltă calitate, care să facă faţă cererilor şi exigenţelor mult mărite.

1. Solicitările contactelor şi aparatelor de conectare de joasă tensiune

Pentru a putea alege în mod judicios materialul şi construcţia contactelor electrice în aparatele de conectare de joasă tensiune este neapărat necesar a se cunoaşte solicitările maxime la care acestea sînt supuse în exploatare. Solicitările sînt de natură mecanică, electrică şi termică.

1.1. Solicitări mecanice

Contactele electrice din aparatele de conectare sînt solicitate de către forţe mecanice uzuale şi accidentale, care pot provoca şi accelera uzura pieselor de contact şi a întregului aparat. Uzura „mecanică" depinde esenţial de mărimea, direcţia, sensul şi frecvenţa forţelor. Între altele, forţele se datoresc apăsării în stare staţionară a contactelor, apoi şocurilor mecanice care apar la manevrări.

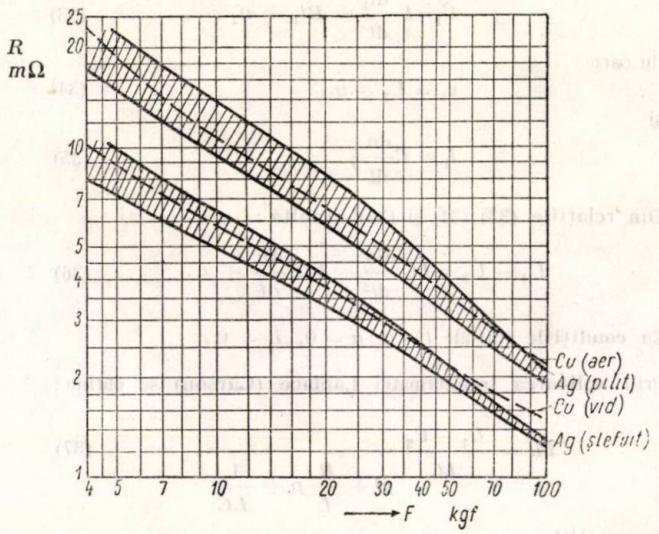


Fig. 1.1. Variaţia rezistenţei de contact cu forţa de apăsare în contacte de suprafaţă din Cu (în vid şi în aer) şi din Ag (pilite şi şlefuite).

Apăsarea F pe contactele închise se menţine mare pentru a reduce rezistenţa electrică R_c a contactului (fig. 1.1) ceea ce reiese din formula cunoscută :

$$F = k \cdot R_c^{-n} \qquad (1)$$

unde: $n = 0{,}5-2$ [1].

Din motive privind apariţia şi stingerea arcului electric viteza contactelor de întrerupere se menţine mare la manevrări, piesele de contact suferind la anclanşare un impact puternic, urmat de vibraţii, dacă masele în mişcare nu sînt amortizate şi frînate în mod corespunzător.

Forţa cu care este antrenat contactul mobil spre contactul fix la închidere, este, la energie egală, mult mai mare la electromagneţi de curent alternativ decît la cei de curent continuu. Din această cauză impactul puternic la c.a.

* Dr. ing. *A. Avramescu*, membru corespondent al Academiei R.P.R. este şef de secţie la ICET.
Ing. I. *Barbu* şi ing. *C. Fugaru* sînt cercetători la ICET.

uzează mult feţele armăturii, scutură întreg aparatul, şi poate provoca degradări mecanice.

Mişcările de alunecare şi rostogolire ce se dau contactelor mobile (mai ales celor din Cu) pentru a evita oxidarea şi ancrasarea suprafeţelor de atingere, împreună cu forţele de apăsare produc o descuamare, o pilire a pieselor de contact, rezultînd o pierdere de material, deci o uzură mecanică.

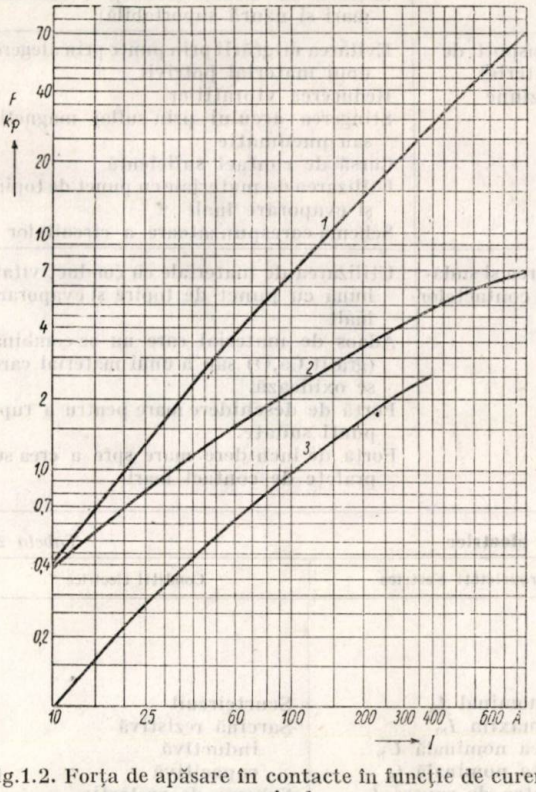


Fig.1.2. Forţa de apăsare în contacte în funcţie de curentul nominal:
1 — întreruptoare automate; *2* — contactoare; *3* — contacte din Ag.

Impurităţile din atmosferă, praful şi alte suspensii ajunse între contacte deranjează scurgerea normală a curentului şi poate provoca o uzură locală mai mare.

La scurtcircuite apar forţe electrodinamice mari care solicită căile de curent, piesele de contact, buloanele de fixare şi în general elementele constructive ale aparatului. Este important a se evita buclele în căile de curent, deoarece forţa electrodinamică caută să lărgească orice buclă. Din această cauză în aparatele de joasă tensiune sînt deosebit de solicitate spirele destinate suflajului magnetic al arcului şi bimetalele care au formă de buclă. Forţele electrodinamice se utilizează în schimb cu folos la suflarea arcului dintre contacte. În acest scop trebuie ca racordurile să contribuie la formarea buclei şi să nu împiedice efectul de suflare. Căile de curent drepte nu sînt afectate decît de forţe dinamice din partea celorlalte faze, care în general nu sînt periculoase.

1.2. Solicitări termice

Curentul solicită contactele închise prin efectul Joule, în funcţie de densitatea de curent locală [2]. Încălzirea staţionară a conductoarelor şi mai ales a contactelor [3] nu trebuie să întreacă anumite limite prescrise, altfel materialul metalic poate să sufere deformaţii permanente care pot duce la defectarea aparatului. La scurtcircuite încălzirile cresc brusc, limitele admise fiind date de înmuierea materialului.

Încălzirea la scurtcircuit se poate calcula în condiţia neglijării căldurii cedate în timpul scurtcircuitului, ceea ce simplifică mult calculele şi permite luarea în considerare a variaţiei cu temperatura a tuturor parametrilor electrici şi termici.

1.3. Solicitarea electrică

Cea mai importantă solicitare electrică se datoreşte efectelor arcului de întrerupere. Cu toate că şi la închiderea contactelor apare un arc electeic, în întreruptoare de joasă tensiune acest arc are o durată atît de scurtă, încît el nu solicită contactele decît foarte puţin în raport cu arcul care apare la deschiderea contactelor. În primele momente după deschidere apar punţi de metal topit între contacte, punţi care se aruncă de către forţele electrodinamice în afara contactelor, producînd „eroziunea" suprafeţelor de contact [4].

Arcul solicită părţile constructive prin temperatura sa foarte înaltă şi anume atît contactele (în suprafeţele atacate de piciorul arcului) cît şi alte părţi constructive [5]. Piciorul arcului poate topi metalul mai ales dacă este staţionar şi atacă aceleaşi puncte pe suprafaţa contactelor sau conductoarelor. De aceea piciorul arcului este supus unei mişcări rapide cu ajutorul forţelor electrodinamice dirijate.

1.4. Condiţii impuse contactelor de întrerupere

În raport cu solicitările ce pot apare în exploatare (tabela 1.1) se impun condiţii grele contactelor [6]. Cerinţele sînt următoarele:

1. Conductivitate electrică ($\varkappa$) mare pentru a avea o rezistenţă de contact mică şi a reduce puterea surselor de căldură Joule.

2. Conductivitate termică (λ) mare, pentru a răci eficace porţiunile supraîncălzite de piciorul arcului, de contacte etc.

3. Tensiune minimă de arc (u_a) şi curent minim de arc (i_a) cît mai mari, pentru a nu favoriza formarea arcului.

4. Temperatură de topire (θ_t), căldură latentă de topire (L) şi temperatură de evaporare (θ_e) cît mai mari, pentru a rezista efectelor termice ale piciorului de arc (proprietăţi refractare).

Tabela 1.1

Factorii care influenţează contactele şi comportarea lor

Natura	Factori
Electrică	Curent (continuu alternativ) de sarcină, de scurtcircuit. Tensiunea nominală, maximă, de restabilire de amorsare Inductanţa, Capacitatea } circuitului Arcul electric
Cinematică	Frecvenţa de manevrare Viteza de deschidere şi închidere Cursa
Mecanică	Forţa de apăsare, de deschidere Vibraţiile la închidere Mişcările de frecare şi rostogolire
Mediul	Temperatura Presiunea, compoziţia atmosferei Praf, ulei, umezeală Gaze corosive
Parametri de material	Conductivitatea termică şi electrică Energia de ieşire Punctul de topire şi evaporare Căldurile latente respective Rezistenţa la rupere, duritatea Rezistenţa la coroziune

Tabela 1.2

Defecte în contacte şi prevenirea lor

Fenomen	Măsuri de prevenire
Rezistenţă de stricţiune mare	Conductivitate mare a materialului Material moale Formă corespunzătoare (uşor bombată) Apăsare suficientă
Rezistenţă de trecere mare	Utilizarea unui material neoxidabil Evitarea prafului, aburilor în mediu Mişcare cu frecare (condiţie: contacte mari şi uzură suportabilă)
Transport de material Eroziune	Evitarea migrării prin punte prin alegerea unui material potrivit Reducerea vibraţiilor Stingerea arcului prin suflaj magnetic sau pneumatic Cursă de contact suficientă Utilizarea de materiale cu punct de topire şi evaporare înalt Schema corespunzătoare a circuitelor
Lipirea şi sudarea contactelor	Utilizarea de materiale cu conductivitate bună cu punct de topire şi evaporare înalt Adaos de material care nu se combină (grafit, Ca, O) sau a unui material care se oxidează. Forţă de deschidere mare pentru a rupe punţi sudate. Forţa de închidere mare spre a crea suprafeţe de contact mari

Proprietăţi ale contactelor electrice

Tabela 2.1

Proprietăţi mecanice	Proprietăţi chimice	Proprietăţi electrice	Condiţii electrice
Forma contactului	Proprietăţi chimice ale mediului:		
Raza de curbură a contactului r	ambiant	Curent nominal I_n	Scurtcircuit
Masa contactului m	gazos	Curent maxim I_m	Sarcină rezistivă
Apăsarea F	lichid	Tensiunea nominală U_n	inductivă
Presiunea p	prafuri	Frecvenţa nominală f_n	capacitivă
Viteza contactelor v	Tratarea superficială	Capacitatea de rupere I_r	Scheme de protecţie
Cursa d	Acoperiri protective	Puterea de rupere P_r	Arc electric
Frecvenţa operaţiilor	Temperatura maximă	Panta de variaţie a curentului di/dt	— staţionar
Frecarea contactelor	—	Tensiunea de revenire U_r	— în mişcare
Rostogolirea contactelor	—	Panta tensiunii de revenire $\frac{du_r}{dt}$	— suflat pneumatic
Vibrarea contactelor	—	Presiunea atmosferică minimă p	— suflat magnetic
			Intrerupere monopolară
			multipolară

Parametrii contactelor electrice

Tabela 2.2

Mecanici	Termici	Electrici	Chimici	Tehnologici
Densitate δ	Căldură specifică c	Conductivitatea electrică	Greutate atomică	Temperatura de recristalizare
Modul de elasticitate E	Conductivitate termică λ	Tens. limită de arc u_a	Număr atomic	Rezistenţa la:
Duritate H	Temper. de înmuiere θ_p	Curentul limită de arc i_a	Viteza de reacţie	— uzură
Coeficient de frecare μ	„ de topire θ_t	Tens. de contact U_v	Afinitate faţă de:	— eroziune
Dilatare Δl	„ de evaporare θ_e	Potenţial Fermi U_f	gaze, lichide, prafuri } din atmosferă	— migrare de material
Rezistenţă la rupere σ_r	Căldură latentă de topire L_t	Tensiunea de ionizare a vaporilor U_i	Rezistenţa la coroziune	— lipire
Limită de elasticitate σ_e	Căldură latentă de evaporare L_e	Tensiunea de străpungere a vaporilor U_s	Influenţa temperaturii asupra comportării chimice	— sudare
	Presiunea de vapori p_v	Influenţa temperaturii		Uzura la arc
				Prelucrabilitate
				Sudabilitate
				Condiţii de lipire

5. Căldură specifică mare, spre a frîna încălzirile.

6. Masă mare, pentru a avea o capacitate termică mare și a reduce supraîncălzirea.

7. Presiune de vapori mare, spre a contribui prin evaporare turbulentă la stingerea arcului.

8. Densitate, duritate și rezistență mecanică mari, spre a putea rezista solicitărilor mecanice.

9. Reactivitate chimică redusă față de gaze, lichide, solide din mediul ambiant.

10. Tehnologie de fabricație simplă și preț redus.

Unele dintre aceste cerințe (v. tabela 1.2) sînt contradictorii (ca r. 4 și 7.) altele nu se pot îndeplini simultan de același material. În orice caz nu există materiale care să îndeplinească toate condițiile. Din această cauză se impune o cunoaștere aprofundată a proprietăților fizico-chimice, pentru a asigura o alegere judicioasă a materialului potrivit unui scop dat.

2. Proprietățile fizice ale materialelor de contact

Proprietățile fizice și parametrii fizico-tehnici ai contactelor electrice sînt concentrate în tabelele 2.1 și 2.2. Acești parametri corespund în general cu acei trecuți în tabela 1.2 din capitolul anterior.

2.1. Clasificarea materialelor de contact

O sistematizare și o clasificare a materialelor utilizate în contacte se poate face înainte de toate după grupa din sistemul periodic [1] în felul următor :

Grupa Ag : Cu, Ag, Au
Grupa Pt : Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt
Grupa Cr : (Cr) W, Mo, U
Grupa Fe : (Mn, Fe, Co) Ni

Dintre acestea metalele nobile, scumpe ca Au, Rh, Ir, Pt* nu se pot întrebuința în tehnica curentă decît la contactele de telecomunicații speciale [2] din cauza prețului lor ridicat. Metalele din paranteză nu se întrebuințează din cauza rezistenței lor scăzute la coroziuni.

Caracteristicile fizice ale metalelor de contact uzuale care pot intra în compoziția aparatelor de conectare de joasă tensiune se pot vedea din tabela 2.3. Se dau în completare următoatele amănunte :

Grupa argint

Ag : are din toate metalele rezistența electrică minimă și conductivitatea termică maximă. Oxidul AgO_2 are, contrar unor păreri greșite, rezistivitatea foarte mare de $5.10^7\Omega$ cm, disociază însă peste temperatura de 170°C. Sulful îl atacă și sulfura are de asemenea o rezistivitate

* Prețurile acestor metale în comparație cu cel al argintului luat ca unitate sînt în ordine : 65,5 ; 152 ; 380 ; 200.

Tabela 2.3

Proprietățile fizice ale metalelor utilizate în contacte electrice

Nr. crt.	Metal: Grupă	Metal: Element	Simbol	Chimice: A	Mecanice: δ g/cm³	Mecanice: H_B kg/mm²	Proprietăți: Termice: ϑ_{fo} °C	Termice: ϑ_f °C	Termice: λ W/cm°C	Electrice: ρ 10^{-6} Ωcm	Electrice: α_ρ 10^{-3} °C⁻¹	Electrice: U_m V	Electrice: U_f V	Electrice: U_a V	Electrice: I_a A	Observații: Preț relativ/cm³	Observații
1	Ag	Argint	Ag	107,9	10,5	30—70	150—180	960	4,18	1,59	4,1	0,09	0,35	12	0,4	1	H_B depinde de prelucrare
2	Cu	Cupru	Cu	63,45	8,9	40—70	190	1 083	3,80	1,75	4	0,12	0,43	10	0,3	0,1	
3	Pd	Paladiu	Pd	106,7	12	35—50	—	1 550	0,7	10,8	3,7	—	—	14	0,8—1,0	31	
4	Cr	Wolfram	W	184,0	19,2	250—350	1 000	3 380	1,6	5,6	4,9	0,4	1,0	15	1,0—1,4	1,73	
5	Fe	Nichel	Ni	58,7	8,8	70—150	520	1 455	0,8	6,8	6,9	0,22	0,65	14	0,4—0,5	0,035	

Observații : A — „Greutatea atomică influențează comportarea chimică față de O_2, S, Cl ; mulți oxizi se opun oxidării și de obicei disociază la temperaturi mari. Vaporii metalici au tensiuni de ionizare superioare acelui (N_2) ceea ce e favorabil pentru contacte
δ — densitatea permite calculul volumului pierdut din greutatea pierdută
H_B — duritatea Vickers influențează rezistența de contact, numărul și aria suprafețelor de atingere microscopice, temperatura și prin aceasta rezistența mecanică
Pentru contacte staționare se aleg materiale mai moi, care asigură arii microscopice mai mari
λ, ρ și α_ρ — Conductibilitatea termică, rezistivitatea și coeficientul ei de temperatură stabilesc comportarea termică
U_m, U_f — tensiunea de fnmuiere și de fuziune influențează sarcina de curent și migrarea fină
U_a și I_a — tensiunea și curentul minim de are dau limite sub care arcul nu mai apare (pot apare schițe)

electrică mare (5.10^3 Ω cm). Argintul pur (1 000) sudează ușor și nu rezistă la efectele arcului [3]. De aceea se utilizează des aliaje ale argintului (tabela 2.4). Adaosuri de Cu și Cd măresc duritatea, adaosul de Ni (event. sinterizat) mărește concomitent și rezistența față de sudare (tabela 2.5).

Tabela 2.4

Materiale de contact

Elemente	Aliaje	Aglomerate
Metal Metaloid	Două sau mai multe metale care fuzionează în stare lichidă sau solidă	Două sau mai multe metale, metaloide etc. care *nu* fuzionează în stare lichidă sau solidă
Metalurgie	Metalurgia aliajelor	Metalurgia pulberilor

Tabela 2.5

Elemente și aliaje pentru materiale de contact pentru întreruptoare de putere

Elemente	Aliaje binare		Aliaje ternare
	Bază	Adaos	Componente
6 C 29 Cu 47 Ag 28 Ni 42 Mo 74 W	Ag Cu	Cu, Zn, Cd, Be, Ni Ag, Be, Zn, Cd, Ni	Cu, Ag, Be, Mg, Zn Cd, Al, Ti, Sn, Co, Ni

Cu (-E) este materialul obișnuit pentru conductoare și contacte electrice. Conductivitatea electrică și termică mare contrastează cu rezistența mică la oxidare și la influențele arcului electric (rezultă pături neconductoare de oxizi, perlare etc.). Comportarea este necorespunzătoare mai ales la durată, prin creșterea continuă a rezistenței de contact. Oxizii nu izolează metalul ci difuzează în masa lui. Vaporii de cupru produși de arc au o tensiune de ionizare mai mică decît cei ai argintului. Duritatea depinde mult de prelucrare, încălzirea produce deformări plastice defavorabile. De aceea se preferă aliaje cu Cd și Ni, care au o duritate și rezistență la oxidare mai mare.

Grupa Crom

W: Wolframul are temperatura de fuziune foarte mare și o presiune mică de vapori, rezistă deci efectelor arcului, de aci utilizarea lui la contacte de rupere. La temperaturi mari se formază un oxid care e stabil și trebuie îndepărtat. Se utilizează mai ales sinterizat cu Ag și Ni pentru contacte de arc și de rupere.

Grupa Fier

Ni: se utilizează mai puțin în stare pură și mai mult în aliaje cu Ag, Cu etc. El contribuie în cantități mici la mărirea durității și nu scade prea mult conductivitatea electrică.

3. Fenomene fizice în contacte care determină alegerea materialului și formei contactului

3.1 **Rezistența** contactelor pure poate să fie de două feluri: de dispersiune sau de stricțiune și de trecere sau de tranzit. Rezistența de stricțiune se poate calcula pentru contacte punctuale (sfere sau cilindri încrucișați) din formula

$$R = \frac{P}{2r_0}, \qquad (2)$$

unde r_0 este raza cercului de atingere [4]. Rezistența de trecere e dată de impurități superficiale [5]. Rezistența filmului aderent de gaze, de grosime moleculară, este neglijabilă din cauza efectului tunel. Favorabil este orice lubrifiant, cu condiția să fie încercat experimental.

Cuprul oxidează ușor la temperaturi ce întrec 100°C (fig. 2.1), argintul este atacat de sulf. Conductivitatea păturilor străine groase în contacte depinde de emisia termică. Filmul se poate străpunge (coerare) și în acest caz rezistența scade brusc. Emanații din unele materiale plastice corodează contactele din W.

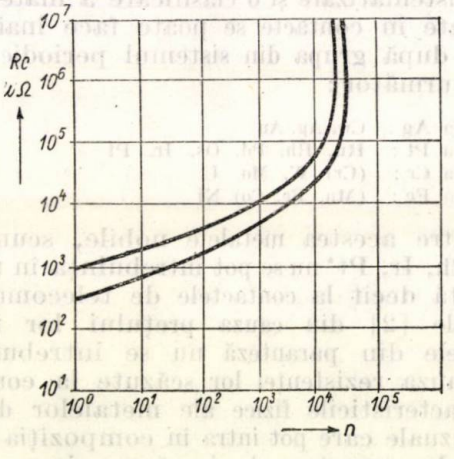


Fig. 2.1. Creșterea rezistenței contactelor din Cu/Cu din cauza oxidării, funcție de conectări.

3.2. **Migrarea de material** prin punți apare în mod evident la c. c.

Puntea se desparte în apropierea anodului, deci catodul crește. S-a constatat o densitate de curent $j = 10$ A/cm². Migrarea se evită numai la metale nobile diferite (ex. Pt/Au).

3.3. **Transport de material** are loc și datorită arcului electric.

Emisia de cîmp anterioară închiderii contactelor provoacă scîntei, care comportă în același timp și pericolul de sudare.

Arcuri electrice de scurtă durată (10^{-8}—10^{-7} s) provoacă migrări fine similare cu cele amintite la pct. 2 (arc fără coloană).

Migrări grobe de la catod la anod au loc în arcuri normale cu coloană. Drept măsură de prevenire se face apel la materiale cu un punct de evaporare înalt (tabela 2.6) ca W, Mo acestea fiind dure spre a reduce R_c se aplică apăsări mari. Mai favorabil se comportă Ag cu adaos în aliaj, eventual în amestec sinterizat. Aceste amestecuri și aliaje unesc conductivitatea mare cu duritatea și rezistența la eroziune. Arcul poate chiar să purifice contactul dacă temperatura medie devine mai mare decît cea din disociere a oxizilor (tabela 2.7).

Tabela 2.6

Materiale sinterizate obișnuite pentru contacte de curenți tari

Fel	Puteri de rupere medii $P_r < 0{,}1$ MVA	Puteri de rupere mari $P_r > 0{,}1$ MVA
Metal—(Metal)—Metal	Ag—Ni (10—30%) Ag—Mo (10—30%) Ag—W (10—30%) Ag—Ni—Cd (10/10%)	Ag—Ni (10—40%) Ag—Mo (30—70%) Ag—W (30—90%) Cu—Mo (30—80%) Cu—W (30—80%) W—Ni—Cu (30% Cu, 20% Ni
Metal—(Metal)—Aliaj	Ag—CdO (5—20%) Ag—SnO_2 (5—20%) Ag—PbO (5—20%) Ag—MoO_3 (5—10%) Ag—Ni—MgO (2/5%)	Ag—CdO (5—20%) Ag—WC (30—80%) Cu—WC (30—80%)
Metal—Metaloid	Ag—C (1—10%)	Ag—C (1—20%)

În amestecul Ag-CdO (oxidul) evită lipirea și activează stingerea arcului prin sustragerea energiei pentru disocierea oxidului [6].

Această combinație se utilizează nu numai în formă sinterizată ci și sub formă de aliaj oxidat ulterior (în aer, la temperaturi mari) [7]. Încercări și experiențe practice au confirmat calitățile acestui material.

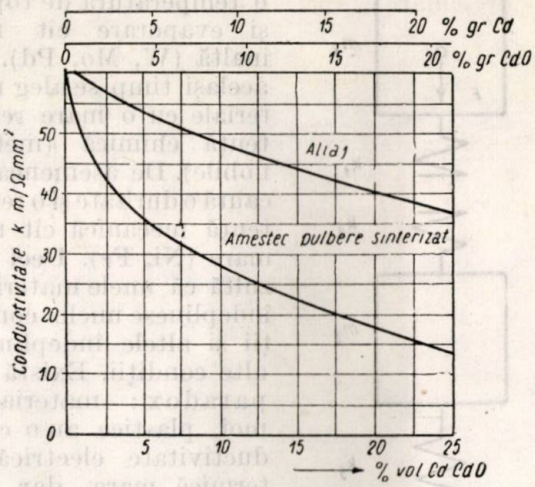


Fig. 2.2. Conductivitatea aliajelor și amestecurilor Ag Cd și Ag CdO.

3.4. **Lipirea și sudarea contactelor** se poate evita prin alegerea judicioasă a materialului.

Oxizii metalici nu se lipesc mai ales dacă sînt în combinație cu metale nobile. Temperatura de sudare se micșorează prin conductivitate termică și electrică mare, prin forță de apăsare mai mare și o masă a contactelor. O atenție deosebită trebuie dată șocului de curent la închiderea contactelor pe sarcini de lămpi incandescente, care reclamă un curent mare la anclanșare.

Proprietățile fizice ale metalelor de contact pentru curenți tari *Tabela 2.7*

Material	Densitate g/cm³	Rezistivitate 10^{-6} Ω cm	Coef. de temp. 0—100° 10^{-3}°C^{-1}	Conductivit. term. W/cm°C	Coef. de temp. 10^{-4} °C^{-1}	Modul de elast. E 10^3 kgf/cm²	Durit. H tf/cm²	Temperatură de: înmuiere °C	topire °C	evaporare °C	Căldură: spec. J/cm³ °C	de vaporizare 10^4 J/cm³
Ag	10,5	1,65	4	4,18	—0,5	7	3— 7	180	960	2 000	2,5	2,5
Cu	8,9	1,75	4	3,8	—0,2	11	4— 7	190	1 083	2 600	3,4	4,3
E	19,3	5,5	5	1,9	3	30	12—40	1 000	3 390	5 930	2,7—3	8,1
Mo	10	5,8	4,5	1,4	—3	30	18	900	2 620	4 800	2,6—2,7	5,6
Ni	8,8	8	5	0,7	—11	20	7—20	520	1 452	2 730	3.9	5,7
Cd	8,6	7,5	4	0,9	—1,2	6	3,5	—	321	765	2,0	
Zn	7,1	6,1	3,7	1,1	—2,6	11	3— 6	170	419	906		1,3
Ag, 10 Cu	10,3	3		3	—		10		780			
Cu, 40	8,4	8,5		1		9	10		950		3,2	
W, 25 Ag	15,8	3,5		2,3			16					
50 Ag	14,3	2,6					10					
WC	15	43		0,4		55	20	1 000	2 800	6 000	3	

3.5. Alegerea materialului de contact și formei contactului

Se aleg materiale cu o bună conductivitate electrică și termică, cu preferință cele din grupa Ag.

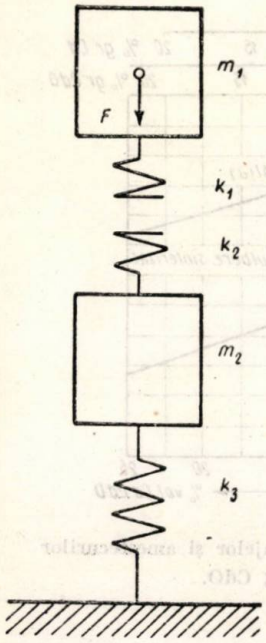


Fig. 3.1. Schema dinamică principială a unui contact.

Se caută materiale cu o temperatură de topire și evaporare cît mai înaltă (W, Mo, Pd). În același timp se aleg materiale cu o mare rezistență chimică (metale nobile). De asemenea se caută o duritate și o rezistență mecanică cît mai mare (Ni, Fe). Deci rezultă că unele materiale îndeplinesc unele condiții și altele îndeplinesc alte condiții. Există un paradox: materialele moi, plastice au o conductivitate electrică și termică mare, dar suferă eroziuni și pierderi de material.

Argintul servește în general ca bază. Adaosurile îmbunătățesc proprietățile mecanice, menținînd o conductivitate relativ mare. Argintul pur are o uzură mare, manifestă o tendință de lipire

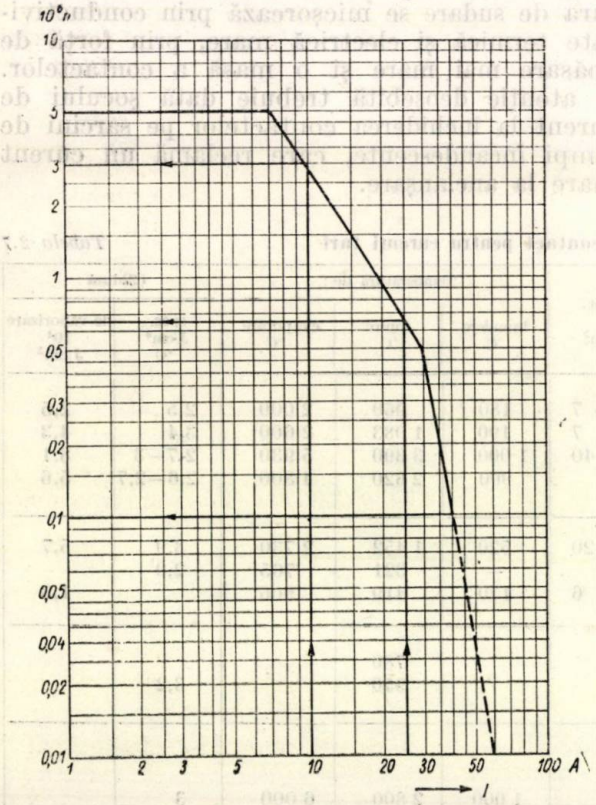


Fig. 3.2. Durata de viață a contactelor.

și sudare, și este atacat de sulf, sulfura avînd o conductivitate mare. Pentru evitarea acestor deficiențe se aleg aliaje sau amestecuri sinterizate cu grafit, Zn, Cu, Pd. Un adaos de 30-40% Pd la Ag evită sulfatarea superficială.

Eroziunea se evită prin sinterizarea amestecurilor cu Fe, W, Mo, Ni.

Aliajul AgCd sau amestecul AgCdO sinterizat corespunzător îndeplinește cele mai multe din condițiile cerute pentru aparate de joasă tensiune.

În funcție de solicitări sînt de făcut în orice caz compromise spre a putea satisface cît mai multe din cerințele exploatării.

3.6. Forma contactelor

Forma contactelor se alege rotundă (sferică sau cilindrică) cu o rază de curbură egală cu grosimea conductorului. Se preferă contacte masive, ceea ce asigură o mare capacitate de căldură. Un al doilea procedeu greu de înțeles este că atingerea punctiformă și liniformă limitează încălzirea la valori inferioare celei din contactele plane, cu aceeași sarcină de curent. Deci concentrarea suprafeței de atingere reală, strangularea liniilor de curent este net favorabilă, deoarece răcirea suprafeței de atingere se face la contacte punctiforme prin conductibilitate în trei dimensiuni în spre masele piesei de contact, la contacte liniforme în două dimensiuni, în schimb în contactele plane liniile de curent sînt aproape paralele și răcirea se face mult mai greu.

Contactele se nituesc, se lipesc, se sudează pe un material purtător; din punct de vedere tehnologic sînt favorabile barele de contact din material nobil care se placează pe un suport din cupru. Bimetale, trimetale (cu metal sau aliaj ușor sudabil la bază) se prevăd spre a îndeplini cît mai multe din condițiile impuse. Banda de contact bimetală se prevede pentru frecvențe de conectare de 40—60 cicluri/min și se realizează cu o mașină de sudat specială [8].

4. Structura și tehnologia de preparare a materialelor de contact pentru curenți tari

4.1. Alegerea tehnologiei de fabricare a contactelor

În literatură [1],[2],[3],[4] calea de rezolvare a tehnologiei de fabricare a contactelor este împărțită în felul următor:

Tehnologia contactelor pentru curenți tari obținute din aliaje de AgCd, AgZn, AgCu și fabricarea contactelor prin procedeul metaloceramic; în acest caz se folosesc pulberile metalelor refractare ca Ag W, C Ti, Ag Cd O etc.

Cuprul și aliajele de cupru

Cuprul este materialul clasic de contact la solicitări medii datorită conductibilității termice și electrice foarte bune și rezistenței

mecanice relativ mari, a formării ușoare și prețului scăzut; prin aliere cu Ag se poate ameliora conductibilitatea și rezistența la trecere ca și, în anumite limite, rezistența mecanică, se poate mări cu mult duritatea și stabilitatea prin laminare la rece, iar prin aliere cu beriliu sau crom duritatea și rezistența la eroziune se pot ameliora, însă conductibilitatea scade puțin.

Cuprul curat datorită formării perlelor topite pline cu gaze se comportă slab în ce privește influența față de arc.

Argintul și aliajele lui

Argintul pur nu este adecvat pentru solicitări mecanice mari din cauza durității scăzute ca și tendinței de sudare la anclanșare.

Prin formare la rece i se poate mări duritatea dar influența acestui tratament este mult micșorată datorită fenomenelor de recristalizare care au loc sub 100°C; tensiunea la topire relativ scăzută și deci tendința de deplasare a punctelor topite constituie un dezavantaj; pe de altă parte Ag fin este materialul de contact care

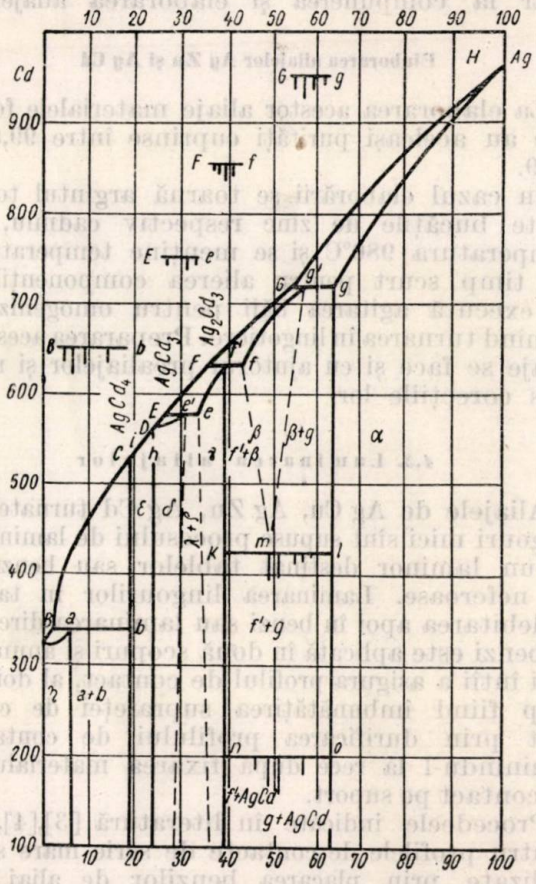


Fig. 4.1. Diagrama binară a componenților AgCd.

permite obținerea rezistențelor de contact cele mai mici la sarcini de contact medii. Dacă se ia în considerație creșterea moderată a rezistențelor de contact se pot îmbunătăți proprietățile mecanice ale Ag prin aliere cu Cd, cu Zn etc.

Alierea mărește rezistența la eroziune și asigură o temperatură de recristalizare mai ridicată.

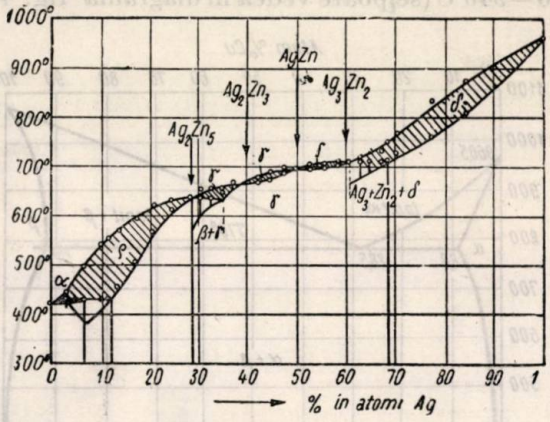


Fig. 4.2. Diagrama binară a componenților AgZn.

Reprezentanții acestor grupe de aliaj se folosesc pe scară mare ca materiale de contact în cazul solicitărilor mecanice și electrice mari.

Aliajele de Ag Cd sau Ag Zn ca și materialul obținut prin sinterizare Ag Cd O au o acțiune de stingere a arcului în circuitele de curent alternativ.

În cazul solicitărilor de alunecare prezintă avantaje materialul sinterizat Ag—grafit.

Datorită proprietăților bune ale aliajelor de Ag pentru producția de contacte folosite la curenți tari am ales următoarele aliaje în studiu:

— Ag Cd
— Ag Zn
— Ag Cu

Pentru aliajele Ag Cd a fost studiat domeniul de 6—15% Cd din diagrama binară Ag-Cd (fig. 4.1).

Aliajele cuprinse în acest domeniu au puncte de topire cuprinse între 900—920°C.

Argintul și cadmiul se combină formînd compușii $AgCd_4$, $AgCd_3$, Ag_2Cd_3 și AgCd.

Sistemul între cele două metale a fost studiat de Goutier, Kirke, Petrenko și Fedorov; din analiza termică și diagramă rezultă că Ag și Cd sînt miscibile în stare lichidă în orice proporție.

În stare solidă formează o serie de soluții solide.

În cazul aliajelor Ag Zn domeniul cercetat fiind ales între 5—25% Zn din diagrama AgZn, (fig. 4.2) ne situăm în domeniul de soluție solidă S.

Argintul cu zincul formează numeroși compuși astfel sînt Ag_3Zn_2, AgZn, Ag_2Zn_3 și Ag_2Zn_5 în care nu se respectă valența celor două metale.

După încercările lui Goutier, Nevielle, Petrenko diagrama nu prezintă nici un maxim, sînt evidente soluțiile solide.

Pentru aliajele Ag Cu a fost studiat domeniul între 3—5%, Cu avînd punctele de topire între 930—940°C (se poate vedea în diagrama fig. 4.3).

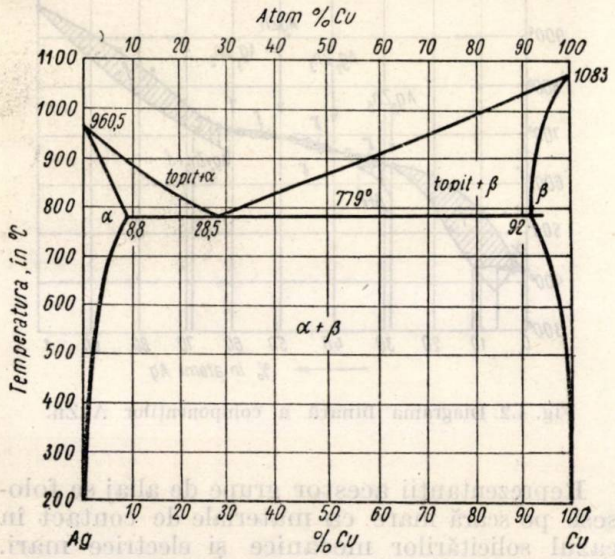


Fig.4.3. Diagrama binară a componenților AgCu

4.2. Prepararea aliajelor pentru încercări

În fază de laborator aliajele au fost preparate în felul următor:

— Metalele primare au fost dozate pentru alcătuirea șarjei după domeniile propuse din diagramele binare fig. 4.1, 4.2, 4.3.

— Materialul a fost introdus într-un tub de cuarț urmînd topirea în vid și agitarea pentru omogenizare.

— La răcire topitura a luat forma tubului de cuarț astfel obținîndu-se o bară de aliaj. Bara obținută a fost laminată la un laminor de table.

Laminarea barelor este neuniformă deoarece presiunile nu au fost controlate; această neuniformitate de laminare rezultă și din analiza structurală a aliajelor laminate.

— După laminare s-au obținut benzi groase între 1,5—2 mm și late de 10—12 mm care au fost debitate și aplicate pe suport de alamă prin lipire cu un aliaj ușor fuzibil de AgCd.

Pentru îmbunătățirea durității s-au făcut treceri prin valțuri, după aplicarea plăcuțelor în procesul de durificare s-a observat că unele contacte au tendința de a se deslipi cînd îndoirea profilului se executa sub un unghi mare. Durificarea suprafețelor a fost controlată.

Ținînd seamă de ultimele informații din literatură s-a preparat un aliaj de AgCd, din care s-au confecționat contacte și s-au supus unui tratament de oxidare prin încălzire în aer la 700°C timp de 5 ore.

Pentru obținerea aliajelor curate și cu proprietăți fizice controlate trebuie folosite la fabricarea aliajelor metale cît mai pure; se recomandă metalele obținute pe cale electrochimică sau purificate prin distilare. În cazul aliajului de AgCu se folosește Argint și Cupru de puritate 99,8%.

Elaborarea șarjei de aliaj AgCu în cuptorul vertical basculant se face în felul următor:

Se încălzește cuptorul pînă la 800—900°C, introducem cuprul metalic în creuzetul de grafit și se continuă ridicarea temperaturii pînă la topirea cuprului.

Topitura de cupru se menține la o temperatură de 1 100—1 150°C, apoi se toarnă topitura de Ag peste topitura de Cu se agită baia prin bascularea cuptorului sau cu scule speciale și după un timp scurt se toarnă în lingotiere.

Timpul de menținere în stare topită după aliere este ales în funcție de proprietățile fizice ale elementelor componente ca: punct de topire, punct de fierbere, densitate, oxidabilitate; se ține seamă și de caracteristicile agregatului de elaborare a aliajului ca: regim de încălzire, suprafața băii; toate aceste dificultăți apar la compunerea și elaborarea aliajelor.

Elaborarea aliajelor Ag Zn și Ag Cd

La elaborarea acestor aliaje materialele folosite au aceleași purități cuprinse între 99,8—99,9.

În cazul elaborării se toarnă argintul topit peste bucățile de zinc respectiv cadmiu, la temperatura 980°C și se menține temperatura un timp scurt pentru alierea componenților, se execută agitarea băii pentru omogenizare urmînd turnarea în lingotiere. Prepararea acestor aliaje se face și cu ajutorul prealiajelor și mai ales corecțiile lor.

4.3. Laminarea aliajelor

Aliajele de Ag Cu, Ag Zn, Ag Cd turnate în lingouri mici sînt supuse procesului de laminare la un laminor destinat tablelor sau benzilor de neferoase. Laminarea lingourilor în table și debitarea apoi în benzi sau laminarea directă în benzi este aplicată în două scopuri și anume: mai întîi a asigura profilul de contact, al doilea scop fiind îmbunătățirea suprafeței de contact prin durificarea profilului de contact, laminîndu-l la rece după fixarea materialului de contact pe suport.

Procedeele indicate în literatură [3],[4],[5] pentru profilele de contacte de serie mare sînt realizate prin placarea benzilor de aliaj pe suport.

Procesul de placare impune în stadiul de cercetare o serie de greutăți; mai ușoară și indicată este sudarea benzilor pe suport la un aparat de sudură cu electrod mobil (sudură prin cusătură). După sudare se execută lamina-

rea la rece pentru îmbunătățirea durității piesei de contact.

Aliajele folosite au fost controlate prin analizele fizice și chimice : s-a executat analiza spectrală, duritatea, analiza structurală după laminare și analizele chimice.

Duritatea suprafețelor de contact este dată în tabela 2.3.

4.4. Analiza structurală după laminare

Aliajul Ag Cu — Cu 3% este situat pe diagrama binară Ag Cu fig. 4.4 în domeniul soluției solide.

Din microfotografia fig. 4.4 rezultă că laminarea a fost efectuată pe toată secțiunea benzii uniform.

Cristalele primare sînt orientate în sensul laminării apărînd și aspectul de macle.

Fig.4.4. Microfotografia aliajului AgCu— Cu 3% × 120.
Atacul folosit : acid sulfuric 10% Cr_2O_3. Laminarea a fost executată în bune condiții. Cristalele primare sînt orientate în sensul laminării observîndu-se aspectul maclelor.

4.5. Condițiile de executare a microfotografiei

Eșantionul a fost șlefuit pe grosime cu scopul de a se putea vedea deformarea rețelei cristaline; șlifuul a fost executat prin metodele obișnuite.

Aliajul Ag Zn — Zn 5% este situat pe diagrama binară Ag Zn în domeniul soluției solide. Din microfotografie fig. 4.5 rezultă că laminarea nu a fost făcută prin aplicarea unei presiuni uniforme, existînd și cristale primare nedeformate (neorientate) în sensul laminării. Condițiile de pregătire a șlifului și atacul au fost aplicate în mod analog la toate aliajele.

Microfotografia din fig. 4.6 a aliajului AgZn-Zn 25% arată că laminarea a fost executată prin aplicarea unei presiuni mai mici; astfel cristalele primare au fost orientate în sensul laminării spre suprafețe de contact cu cilindri de laminare, iar spre mijlocul secțiunii alunecarea este mai mică; la acest aliaj intervine și duritatea mai mare.

Fig.4.5. Microfotografia aliajului AgZn—Zn 5% × 120.
Atacul folosit : acid sulfuric 10% Cr_2O_3. Presiunile de laminare nu au fost uniforme ; se observă cristalele primare nedeformate.

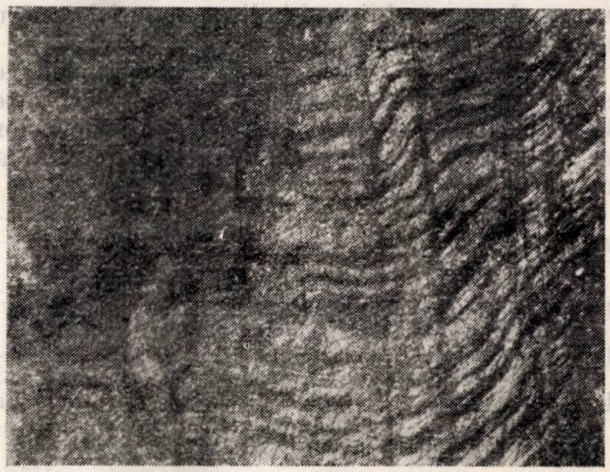


Fig.4.6. Microfotografia aliajului Ag Zn—Zn 25% × 120.
Atacul folosit : acid sulfuric 10% Cr_2O_3. Aliajul fiind mai dur se văd alunecările de plane și variația unghiului de alunecare al planelor.

4.6. Propuneri tehnologice

Pentru a obține rezultate cît mai bune și cît mai constante, pentru a garanta reproductibilitatea aliajelor în ceea ce privește parametrii fizici, trebuie să se țină o statistică strictă a materialelor folosite din punctul de vedere a purității, a conținutului de elemente de aliere și a tuturor fazelor aplicate pînă la darea în exploatare a contactelor.

Presiunea aplicată la laminare trebuie să fie uniformă și să nu prezinte decît toleranțe mici, spre a se putea trage concluzii sigure și a garanta în fabricație calitatea.

Asimilarea materialelor de contact trebuie să se facă după o prealabilă cercetare metalografică a aliajelor și o măsurare a proprietăților mecanice de structură (duritate, modul de elasticitate, cupe metalografice).

Concluzii

1. Solicitările mecanice, termice, chimice şi electrice ale contactelor electrice în aparatele de întrerupere moderne sînt mult mărite faţă de cele ce se impuneau înainte de introducerea comenzilor şi reglărilor automate.

2. Cum nici un material nu poate îndeplini toate condiţiile impuse, alegerea materialului de contact pentru un anumit aparat trebuie să se facă după o minuţioasă analiză a destinaţiei, a solicitărilor şi a proprietăţilor de material, a tehnologiei de fabricaţie şi a condiţiilor tehnico-economice.

3. În determinarea proprietăţilor de materiale aliate şi sinterizate cercetările metalurgice joacă un rol mare, de ele depinzînd alegerea tehnologiei de fabricaţie, cea mai potrivită.

4. În cele de mai sus s-au indicat o serie de date privind proprietăţile de material, fenomenele ce au loc în contacte şi structura metalurgică a materialelor de contact, cu scopul de a uşura alegerea celui mai indicat material pentru o anumită destinaţie.

5. Cu această ocazie s-au prezentat primele studii, privind materialele contactelor efectuate la ICET şi care au stat la baza experimentărilor ce continuă pentru stabilirea rezistenţei la uzură a contactelor.

Bibliografie

[1] *Holm R.*: Electric Contacts Handbook. Springer, V. Berlin/Göttingen/Heidelberg, 1958.

[2] *Avramescu, A.*: Calculul încălzirii staţionare a contactelor electrice. Electrotehnica **1** (1953) 9, 25—35.

[3] *Avramescu A.*: Über die Erwärmung punktförmiger Kontakte bei konstanter Strombelastung. Arch. Elektrotechn. **33** (1939) 4, 361—367.

[4] *Lewellyn Jones F.*: The physics of electrical contacts Clarendon Press Oxford, 1957.

[5] *Schreiner H.*: Systematik der Kontaktstoffe und Starkstromkontakte. Z. Metallkunde **48** (1957) 4,180—190.

[6] *Gerber Th.*: Kontaktmetalle und Relaiskontakte. Techn. Mitt., PTT **33** (1925). 3,89—114

[7] *Keil, A. Meyer C.L.*: Silber als Werkstoff in der Elektrotechnik. Schweiz. Arch. angew. Wiss, **21** (1955) 246—270 Proc. phys. Soc. B, **68** (1955) 1/9, 625—641.

[8] *Altman A.B., Melasenko I.P.*: Materiale metaloceramice pentru contacte electrice. Elektricestvo **76** (1955) 1,27.

[9] *Drzbig H.*: Einfluss von Lichtbogenspannung und Ausschalverzug auf die Beanspruchung der Niederspannungleistungschalter bei Kurzschussabschaltungen VDE—Fachber, 18.III (1954) 11,16.

[10] *Germer L.H.*: Arcing at Electrical Contacts on Closure. P.III, Developement of an arc, J. Appl. Phys **23** (1952) 4, 553—562; P.IV. Activation of contacts by organic vapor J. Appl, Phys **25** (1954) 3,332—335.

[11] *Burslyn W.*: Elektrische Kontakte und Schaltvorgänge 2. Aufl. Springer, V. Berlin/Göttingen/Heidelberg 1956.

[12] *Stotzke G.*: Einfluss der Kontaktform auf die Scheissgrenze bei Eiderspannungageräten. Deutsche Elektrotechn. **12** (1958) 5,152.

[13] *Jones H.F.*: Performence of electrical air — break contancts. Engineering **178** (1954) 4639.

[14] *Blom, C.*: Gesinterte Kontaktwerkstoffe. Elektrie **13** (1959) 6,201—206.

[15] *Kuznefov, R.S.*: Ob iznose kontaktov nozabaltnih electriceskie aparatov. Vestn. Elektroprom. **30** (1959) 5,1—1.

[16] *Richter, R.*: Kontakte aus Kadmium-Silber und Silber-Kadmiumoxyd. ETZ—B **11** (1959) 2,38—40.

[17] *Keil A.* Werkstoffgerechte Gestaltung von Kontaktstücken. ETZ—B **10** (1958) 4, 121—124.

[18] *Domşa, A. Müller, G., Berecsky* T.ş.a.:.: Cercetări asupra elaborării pieselor de contact sinterizate pentru circuite electrice. Studii şi Cercetări Metalurgice Acad. R.P.R. **3** (1958) 4,491—503.

[19] *Keil A.U.C.L. Mayer*: Silber als Werkstoff in der Elektrotechnik. Schweiz. Arch. angew. Wiss. **21** (1955) 264—270.

Intrat în redacţie la 17 octombrie 1960.

Note

Unele probleme privind acţionarea electrică a războaielor de ţesut

Vlad Văzdăuţeanu şi Eugen Seracin* — Timişoara

CZ 621.34 : 677.21.054

1. Războiul de ţesut este o maşină de lucru foarte răspîndită în industrie şi, ca atare, merită un studiu aprofundat atît în ce priveşte construcţia sa cît şi acţionarea sa electrică.

Este vorba de o maşină care determină un cuplu variabil între limite largi la arborele de acţionare, aceasta din cauza maselor în mişcare alternativă. Acţionarea electrică trebuie rezolvată astfel ca factorul de putere şi randamentul să aibă valori cît se poate de mari.

Scopul cercetărilor, care s-au bazat, în bună parte, pe încercări experimentale, a fost :

— Stabilirea metodei de determinare a curbei de variaţie a cuplului la arborele motorului de acţionare şi a componentelor acestui cuplu.

— Găsirea unor posibilităţi de a reduce cuplul la arborele motorului şi de a apropia limitele între care variază acesta.

2. Încercările experimentale s-au efectuat pe două războaie de ţesut diferite. Primele încercări [1], [2] s-au efectuat cu un război de ţesut pentru bumbac, avînd următoarele caracteristici :

— numărul de bătăi pe minut, 140 ;

— lăţimea spetei, 1600 mm ;

— motorul de acţionare, asincron cu rotorul în scurtcircuit.

Curbele de variaţie ale cuplului la arborele motorului electric de acţionare şi ale componentelor acestuia s-au determinat pe baza metodei arătată la punctul 3.

Aceleaşi cercetări [3] s-au efectuat şi asupra celui de-al doilea război de ţesut pentru bumbac, de construcţie mai nouă şi cu funcţionare automată, avînd caracteristicile :

— numărul de bătăi pe minut, 160 ;

— lăţimea spetei, 1 200 mm ;

* ing. *V. Văzdăuţeanu* este şef de lucrări, iar ing. Seracin E. asistent la Institutul Politehnic din Timişoara.

— motorul de acţionare, asincron cu rotorul în scurt-circuit.

Avînd în vedere scopul urmărit în lucrare, cercetările s-au extins, făcîndu-se determinări experimentale asupra celui de-al doilea război de ţesut în starea lui originală şi după ce i s-au adus modificări constructive.

Trebuie menţionat că rezultatele încercărilor experimentale prezentate în această lucrare se referă la războiul de ţesut cu funcţionare automată.

3. Curba de variaţie a cuplului s-a obţinut prin folosirea motorului de acţionare ca aparat de măsură pentru cuplu. În acest scop s-au determinat experimental :

— caracteristica cuplu în funcţie de alunecare $M = f(s)$ a motorului asincron ;

— curba de variaţie a alunecării motorului în funcţie de unghiul manivelei vatalei $s = f(\alpha)$, în cursul unui ciclu de funcţionare a războiului de ţesut.

Pentru determinarea caracteristicii $M = f(s)$ s-a măsurat alunecarea cu un stroboscop, iar cuplul cu o balanţă electromagnetică.

Curba $s = f(\alpha)$ s-a obţinut prin înregistrarea cu un oscilograf mecanic a variaţiei alunecării motorului în funcţie de timp, ţinînd seamă că între unghiul α şi timp există relaţia

$$\Omega = \frac{d\alpha}{dt} = \frac{2\pi n}{60}$$

în care Ω este iuţeala unghiulară, iar n turaţia.

Oscilograma $s = f(t)$ s-a înregistrat pe baza schemei din fig. 1, care permite măsurarea directă a alunecării. În felul acesta se obţine pe hîrtia de oscilograf o curbă cu variaţii mai pronunţate faţă de cazul că s-ar înregistra direct turaţia.

În schema din fig. 1 motorul de acţionare A al războiului este cuplat cu generatorul tahometric B care debitează peste rezistenţa R_1. În opoziţie cu tensiunea e_2 de la bornele rezistenţei R_2 se aplică tensiunea constantă e_c, obţinută de la acumulatorul C. Valoarea rezistenţei R_2 se reglează astfel, încît să se obţină $e_2 = e_c$, atunci cînd motorul A

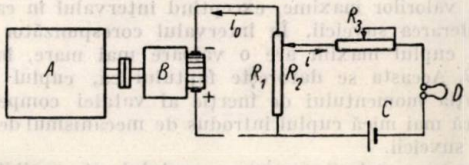


Fig. 1. Schema instalaţiei pentru înregistrarea variaţiei alunecării în funcţie de timp $s = f(t)$.

funcţionează în gol. În acest caz, curentul care trece prin bucla de oscilograf D va avea valoarea $i = 0$. La mers în sarcină turaţia motorului A se modifică faţă de turaţia la mers în gol cu valoarea Δn, deci se schimbă în mod corespunzător şi tensiunea dată de generatorul B, respectiv tensiunea e_2 la bornele rezistenţei R_2. În consecinţă, prin bucla D va trece un curent i proporţional cu diferenţa $e_c - e_2$, deci cu Δn, respectiv cu alunecarea. Aplicînd teoremele lui Kirchhoff pentru circuitele din schemă, se obţine legătura între curent şi alunecare sub forma

$$i = \frac{R_2 e_1}{R_1 R_3 + R_1 R_2 - R_2^2} s \qquad (1)$$

în care e_1 este tensiunea la bornele generatorului B, corespunzătoare turaţiei de mers în gol a motorului A.

Pe baza relaţiei (1) se poate obţine curba $s = f(t)$ prin înregistrare cu oscilograful.

Din oscilograma $s = f(t)$ se poate construi curba $s = f(\alpha)$ cunoscînd legătura între unghiul α şi turaţie, după cum s-a arătat mai sus ; avînd determinată caracteristica $M = f(s)$, se poate trasa curba $M = f(\alpha)$ reprezentată în fig. 2.

4. Ţinînd seamă de funcţionarea mecanismului bielă-manivelă, care acţionează vatala, arătată schematic în fig. 3, asupra curbei $M = f(\alpha)$ din fig. 2 se pot face următoarele observaţii :

În cursul unui ciclu, cuplul trece prin două valori minime determinate de întîrzierea vatalei, care are loc pentru $90° < \alpha < 180°$ şi $270° < \alpha < 360°$. Din acestea, cea produsă de întîrzierea vatalei din a doua jumătate a ciclului este mai pronunţată şi poate avea chiar valori negative.

Accelerarea vatalei se produce în intervalele $0° < \alpha < 90°$ şi $180° < \alpha < 270°$ şi este evidenţiată în curba $M = f(\alpha)$ prin creşterea cuplului. Valoarea maximă a cuplului, are loc pentru $\alpha = 105°$ şi este datorită accelerării suveicii, care începe la unghiul $\alpha = 70°$.

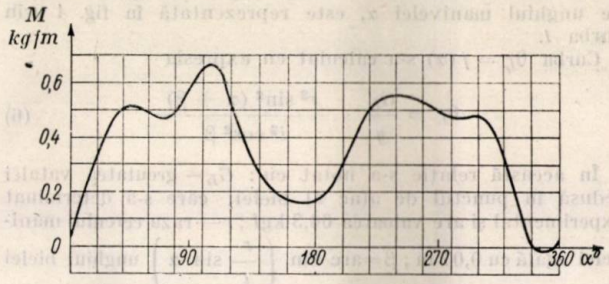


Fig. 2. Curba de variaţie a cuplului în funcţie de unghiul manivelei $M = f(\alpha)$, la războiul de ţesut.

5. Influenţa elementelor în mişcare asupra funcţionării războiului de ţesut se poate determina din variaţia componentelor cuplului total, care se obţine din ecuaţia de mişcare

$$M = M_r + M_j \qquad (2)$$

unde :

M_r este cuplul rezistent care, în cazul războiului de ţesut, este datorit în cea mai mare măsură frecărilor ;

M_j — cuplul total de inerţie datorit accelerării şi întîrzierii maselor în mişcare.

Cuplul total de inerţie poate fi scris sub forma :

$$M_j = \theta \frac{d\Omega}{dt} + \frac{1}{2} \Omega^2 \frac{d\theta}{i\, d\alpha} \qquad (3)$$

în care :

θ este momentul de inerţie total al maselor în mişcare, redus la arborele motor ;

Ω — iuţeala unghiulară a arborelui motor ;

i — raportul de transmisie.

Momentul de inerţie θ, redus la arborele motorului poate fi scris sub forma :

$$\theta = \theta_c + \theta_v, \qquad (4)$$

în care :

θ_c este partea constantă ;

θ_v — partea variabilă în funcţie de unghiul manivelei.

Din relaţia (3) se observă că pentru determinarea componentelor cuplului de inerţie este necesar să se cunoască valoarea momentelor de inerţie şi variaţia lor în timpul unui ciclu.

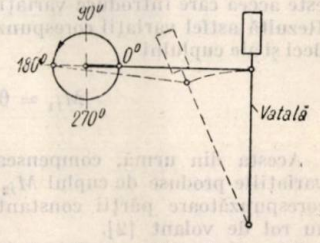


Fig. 3. Schema mecanismului bielă-manivelă care acţionează vatala.

Momentele de inerţie s-au determinat pentru fiecare element în mişcare în parte, din perioada de oscilaţie T şi momentul static $G \cdot a$. Perioada de oscilaţie T a elementului suspendat ca pendul şi momentul său static $G \cdot a$ s-au determinat pe cale experimentală, cu ajutorul unui dispozitiv construit în acest scop.

Legătura între mărimile determinate experimental şi momentul de inerţie, se obţine din relaţia

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\theta_x}{G \cdot a}} \qquad (5)$$

valabilă pentru pendulul fizic, unde θ_x este momentul de inerţie al piesei faţă de axa de pendulare, a — distanţa între centrul de greutate al piesei şi axa de pendulare, iar G — greutatea piesei.

Din măsurători a rezultat că valoarea totală a părţii constante a momentului de inerţie este de $1{,}32 \cdot 10^{-3}$ kgfms².

Partea variabilă θ_v a momentului de inerţie se datoreşte în mare măsură vatalei, mişcarea ei fiind comandată printr-un mecanism bielă-manivelă.

Variaţia momentului de inerţie θ_L al vatalei în funcţie de unghiul manivelei α, este reprezentată în fig. 4 prin curba *1*.

Curba $\theta_L = f(\alpha)$ s-a calculat cu expresia

$$\theta_L = \frac{G_L}{g} \cdot \frac{r^2 \sin^2(\alpha + \beta)}{i^2 \cos^2 \beta} \tag{6}$$

În această relaţie s-a notat cu: G_L — greutatea vatalei redusă în punctul de atac al bielei, care s-a determinat experimental şi are valoarea 66,3 kgf; r — raza cercului manivelei egală cu 0,07 m; $\beta = \text{arc sin}\left(\frac{r}{l} \sin \alpha\right)$ unghiul bielei (lungimea bielei este $l = 0{,}26$ m); $g = 9{,}81$ m/s² — acceleraţia gravitaţiei.

În intervalul în care are loc accelerarea suveicii, momentul de inerţie θ_s al acesteia influenţează în mare măsură momentul de inerţie variabil θ_v.

Variaţia momentului de inerţie θ_s se poate determina pornind de la considerentul că energia suveicii în mişcare de translaţie este egală cu energia masei reduse la arborele principal, în mişcare de rotaţie, adică:

$$\frac{G_s}{g} \cdot \frac{v^2}{2} = \frac{\theta_s \Omega^2}{2} \tag{7}$$

unde

G_s este greutatea suveicii;

v — iuţeala la un moment dat a suveicii, corespunzătoare unei anumite viteze unghiulare la arborele motorului de acţionare.

Valoarea acceleraţiei suveicii, care determină mărimea vîrfului de cuplu, este influenţată de numărul de bătăi pe minut şi de lăţimea spetei războiului de ţesut. În cazul curbei arătate în fig. 2 valoarea cuplului maxim este egală cu 0,67 kgfm. Acest cuplu. care este datorit în mare măsură mecanismului de lovire al suveicii, este aproximativ cu 30% mai mare decît cuplul maxim care ar apare în cazul funcţionării războiului de ţesut fără suveici.

6. Din calculele efectuate pe baza determinărilor experimentale a reieşit că componenta

$$M_{j_2} = \frac{1}{2} \Omega^2 \frac{\mathrm{d}\theta}{i\,\mathrm{d}\alpha}$$

este aceea care introduce variaţii mari ale cuplului total [2]. Rezultă astfel variaţii corespunzătoare ale iuţelii unghiulare, deci şi ale cuplului

$$M_{j_1} = \theta \frac{\mathrm{d}\Omega}{\mathrm{d}t}.$$

Acesta din urmă, compensează într-o anumită măsură variaţiile produse de cuplul M_{j_2}, datorită faptului că masele corespunzătoare părţii constante a momentului de inerţie au rol de volant [2].

Din cele arătate rezultă că pentru a obţine o reducere a limitelor între care variază cuplul total, trebuie să se analizeze posibilităţile de micşorare a variaţiei componentei M_{j_2}.

Ţinînd seamă că influenţa predominantă asupra variaţiei cuplului M_{j_2} este dată de factorul $\frac{\mathrm{d}\theta}{i\,\mathrm{d}\alpha}$, reiese că trebuie să se examineze posibilităţile de reducere a acestuia din urmă. Din relaţia (4) rezultă că

$$\frac{\mathrm{d}\theta}{i\,\mathrm{d}\alpha} = \frac{\mathrm{d}\theta_v}{i\,\mathrm{d}\alpha}. \tag{8}$$

După cum s-a arătat la punctul 5, partea variabilă a momentului de inerţie se datoreşte în mare măsură vatalei, mişcarea acesteia fiind comandată printr-un mecanism bielă-manivelă. Din relaţia (6) şi (8) rezultă că, prin micşorarea greutăţii G_L a vatalei, se poate obţine o apropiere a limitelor în care variază cuplul la arborele motorului de acţionare.

Pe baza acestor consideraţii, s-a adaptat războiului de ţesut o vatală de o construcţie mai uşoară, care a fost realizată în Laboratorul de utilizările energiei electrice de la Facultatea de Electrotehnică din Timişoara.

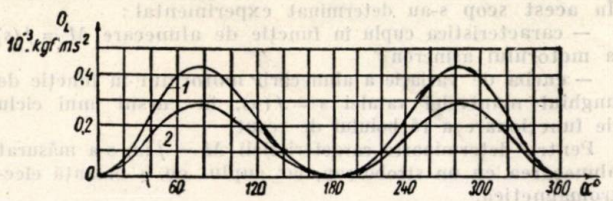


Fig. 4. Curbele de variaţie ale momentului de inerţie al vatalei. $\theta_L = f(\alpha)$, de la războiul de ţesut:
1 — vatală originală; *2* — vatală modificată.

Curbele de variaţie ale momentului de inerţie θ_L al vatalei şi derivatele corespunzătoare $\frac{\mathrm{d}\theta_L}{i\,\mathrm{d}\alpha}$ sînt arătate în fig. 4 şi 5. Curbele *1* corespund vatalei realizată de fabrica constructoare, iar curbele *2*, vatalei de construcţie mai uşoară. În cazul din urmă, greutatea vatalei a fost redusă cu 34%. Ca urmare, momentul de inerţie θ_L şi derivata acestuia s-au redus în aceeaşi măsură. Rezultă deci că şi cuplul M_{j_2} s-a micşorat.

În fig. 6, curba *2* reprezintă variaţia cuplului $M = f(\alpha)$, obţinută în cazul funcţionării războiului de ţesut cu vatală modificată. Comparînd curba *1* obţinută cu vatala realizată de fabrica constructoare cu curba *2* se observă, o apropiere a limitelor între care variază cuplul total şi totodată o micşorare a valorilor maxime, exceptînd intervalul în care are loc accelerarea suveicii. În intervalul corespunzător bătăii suveicii, cuplul maxim are o valoare mai mare, în cazul curbei *2*. Aceasta se datoreşte faptului că, cuplul produs de variaţia momentului de inerţie al vatalei compensează în măsură mai mică cuplul introdus de mecanismul de acţionare al suveicii.

O reducere a valorii maxime a cuplului este posibilă prin aplicarea unui volant. Astfel, curba *3* din fig. 6 s-a obţinut în cazul funcţionării războiului de ţesut cu vatală modifi-

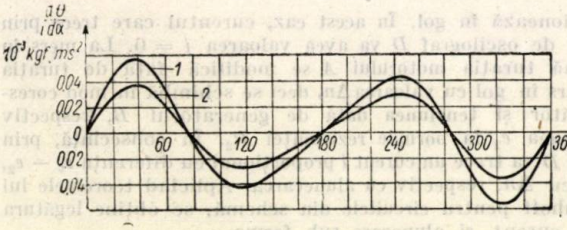


Fig. 5. Curbele de variaţie $\frac{\mathrm{d}\theta_L}{i\,\mathrm{d}\alpha} = f(\alpha)$ de la războiul de ţesut:
1 — vatală originală; *2* — vatală modificată.

cată, la care s-a aplicat pe arborele principal un volant. Greutatea volantului a fost aproximativ egală cu greutatea cu care a fost redusă vatala, iar momentul său de inerţie redus la arborele motorului a rezultat egal cu 1,5 θ_c.

Trebuie remarcat că, din punct de vedere constructiv, aplicarea volantului pe arborele principal al războiului de ţesut este în general posibilă. Este indicat ca volantul să fie montat înainte de dispozitivul de cuplare. Prin aceasta se realizează şi o îmbunătăţire a condiţiilor de pornire a războiului de ţesut.

7. Din cercetările făcute s-au obținut rezultatele arătate mai jos.

Analizînd curbele *1* și *3* din fig. 6 se deduc următoarele:

a) Limitele între care variază cuplul la arborele motorului de acționare s-au apropiat cu aproximativ 40%.

b) Cuplul echivalent s-a redus cu aproximativ 12%, deci și încălzirea motorului s-a redus în mod corespunzător. O apreciere cantitativă asupra reducerii încălzirii se poate face pe baza curbelor ridicate experimental din fig. 7. Curba *1* corespunde funcționării războiului în situația inițială, iar curba *2* la funcționare cu vatală modificată și volant.

c) Valoarea maximă a cuplului s-a redus cu aproximativ 18%.

Pe baza acestor rezultate s-a ajuns la concluzia că, prin adaptarea unei vatale mai ușoare și a unui volant se poate

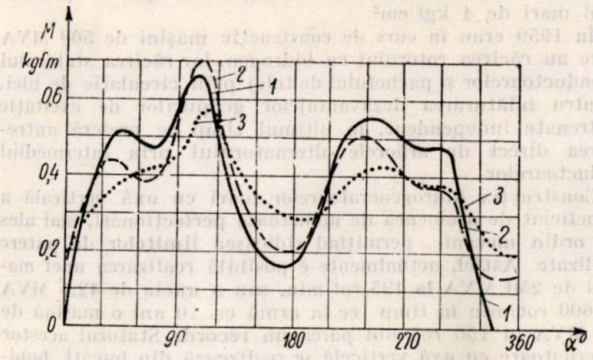


Fig. 6. Curbele $M = f(\alpha)$ de la războiul de țesut:
1 — curbă obținută cu vatală originală; *2* — curbă obținută cu vatală modificată; *3* — curbă obținută cu vatală modificată și volant.

alege un motor de acționare de o putere mai mică și anume cu aproximativ 40% față de motorul cu care este echipat în prezent tipul de război de țesut cu funcționare automată. Reducerea, relativ importantă, se datorește și faptului că acest motor are o putere mare chiar pentru acționarea războiului de țesut nemodificat.

De asemenea, datorită faptului că limitele între care variază cuplul s-au apropiat, rezultă că prin alegerea unui motor de acționare avînd putere mai mică, se poate obține o îmbunătățire a factorului de putere și a randamentului.

Astfel, pe baza determinărilor experimentale și a calculelor efectuate pentru războiul de construcție modificată

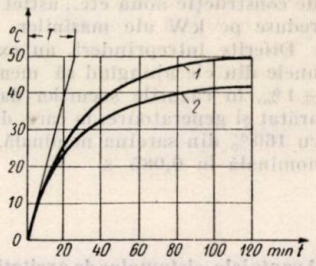


Fig. 7. Curbele de încălzire ale motorului de acționare de la războiul de țesut:
1 — funcționare cu vatală originală; *2* — funcționare cu vatală modificată și volant.

a reieșit că, prin adaptarea unui motor electric de putere corespunzătoare, factorul de putere mediu ar putea obține valoarea de 0,69, iar randamentul mediu 0,74. În cazul războiului original factorul de putere mediu a avut valoarea 0,53, iar randamentul mediu 0,70.

Bibliografie

[1] *Seracin E.* și *Văzdăuțeanu V.*: Probleme de acționare electrică la războaiele de țesut. Buletinul Științific și Tehnic al Institutului Politehnic din Timișoara (1956) 1.

[2] *Văzdăuțeanu V.* și *Seracin E.*: Probleme de acționare electrică la războaiele de țesut. Buletinul Științific și Tehnic al Institutului Politehnic din Timișoara (1957) 2.

[3] *Seracin E.* și *Văzdăuțeanu V.*: Contribuțiuni la problema acționării războaielor de țesut. Buletinul Științific și Tehnic al Institutului Politehnic din Timișoara (1958) 3.

Intrat în redacție la 21 martie 1960.

Documentare

621.313 *Mașini electrice*

CZ 621.319.53.027.8

Notă asupra instalării și construcției generatoarelor pentru înaltă tensiune de impulsie. [După *G. Zingales*: Elettrotecnica **47** (1960) 6, 394—424, 70 fig., 5 ref. bibl., 6 tab.]

Articolul se referă la probleme care se pun la organizarea și utilizarea laboratoarelor de înaltă tensiune de impulsie. Se fac considerații generale referitoare la definițiile undelor de impulsie și a modului de obținere a acestora cu ajutorul generatoarelor de impulsie; se prezintă încercările care trebuie efectuate și nivelul de tensiune și energie necesare, funcție de tensiunea nominală și puterea instalației.

O parte a lucrării analizează problemele care stau în fața constructorului pentru amenajarea laboratorului; se dau detalii privind amplasarea elementelor instalației (generatorul propriu-zis, eclatorul de măsură, divizorul de tensiune, pupitru de comandă, elemente anexe etc.), precum și modul de a le utiliza. În mod special se insistă asupra divizorului de tensiune arătînd modul de legare a acestuia cu osciloscopul catodic, precum și calea de a reduce erorile sistemului de măsură (divizor cu cablu de întîrziere).

În continuare, se prezintă instalațiile de redresare a tensiunii de alimentare a generatorului, precum și modul de amorsare voită a acestuia; de asemenea, se prezintă modul de reglare a parametrilor undei și posibilitatea de a obține unde tăiate. Se prezintă modalitatea de executare a probelor, modul de stabilire a parametrilor electrici ai izolației și coeficienții de corecție de care trebuie să se țină seamă. În continuare se prezintă date asupra descărcărilor în gaz și în izolanții solizi, dîndu-se rezultate practice referitoare la încercările experimentale efectuate.

Articolul prezintă importanță pentru inginerii care se inițiază în încercările la impulsie, deoarece materialul este bine sistematizat și prezentat într-un mod accesibil.

P. B.

CZ 621.313.32 :621.314.63

Generatoare sincrone fără mașină de excitație. [După Elektrot. Z.—B. **12** (1960) 8—9, 170.]

La tîrgul industrial din Hanovra, printre diferitele generatoare sincrone fără mașină de excitație, firma Brown Boveri & Co a expus și un generator trifazat cu excitația produsă de către un redresor. Dispozitivul de reglaj electronic prin tranzistoare cu circuite imprimate se poate adapta, atît la puteri mai mici cît și la unități pînă la 200 MVA. Redresoarele cu o anodă (funcționînd fără pompă), care au fost expuse, corespund unor generatoare de 625 kVA.

Instalația de redresare posedă o conexiune în punte, putînd astfel să facă față oricărei situații în exploatarea generatorului. Dispozitivul de reglaj servește, atît la reglarea tensiunii generatorului, cît și a sarcinii reactive și a factorului de putere.

Ca să demonstreze sistemul de reglaj respectiv, variația minimală a tensiunii, întreprinderea producătoare a încărcat generatorul cu un motor de inducție, al cărui curent de pornire era egal cu curentul nominal al generatorului.

Toate mașinile prezentate mai sus erau de construcție modernă, cu carcasele sudate, cu sisteme noi de ventilație, conductoare plate izolate cu lac, cutii cu cleme (de racord) de construcție nouă etc., astfel că s-a ajuns la greutăți foarte reduse pe kW ale mașinilor.

Diferite întreprinderi, au expus mașini cu autoexcitație, unele din ele ajungînd să mențină variațiile tensiunii sub ±1%, în cazurile șocurilor date de puterile reactive. S-au arătat și generatoare, la care, după o creștere a sarcinii egală cu 160% din sarcina nominală, tensiunea revine la valoarea nominală în 0,085 s.

G. C.

CZ 621.313.222—82.013.8

Avantajele sistemelor de excitație rapidă. [După *Powell, E.B.* : Electr. Trans. **137** (1960) 3564, 597—601, 8 fig.]

Sistemele de excitație cu acțiune rapidă pentru alternatoarele mari, incluse în sistemele energetice, oferă avantaje considerabile pentru menținerea stabilității. Utilizarea lor permite ca în mod obișnuit alternatoarele să poată funcționa cu un unghi de 70° între axa cîmpului rotorului și cîmpul învîrtitor al statorului. Mărirea alternatoarelor a avut ca urmare o micșorare a stabilității, în timp ce condițiile de funcționare ale sistemelor cer ca ele să funcționeze la unghiuri ale rotorului mult peste limita lor de stabilitate. Se arată că în condițiile anumitor sisteme va fi necesar să se accepte unghiuri de 110°. În această situație mașinile vor trebui să fie alimentate cu energie reactivă din sistem și să funcționeze ca compensatoare sincrone în perioadele de sarcină redusă. Din cauza răspunsului rapid pe care îl oferă sistemele moderne de excitație, aceasta este singura funcționare posibilă, permițînd funcționarea la unghiuri ale rotorului mult în regiunea de stabilitate dinamică. În schimb, existența unor asemenea scheme de excitație permite să se întrevadă alternatoare proiectate cu rapoarte de scurtcircuit considerabil mai mici decît cele acceptabile anterior, sperîndu-se valori mai mici de ordinul 0,3, precum și economii importante în ce privește prețul de cost al alternatoarelor.

A. S.

CZ 621.313.2.047 4 :621.515.616.96

Uzura periilor și izolația siliconică. [După *C.B. Hathaway* : Power Engng. **64** (1960) 2, 53, 1 diagr.]

Cînd temperatura de funcționare a unui motor crește, uzura periilor se accentuează în prezența vaporilor de siliciu. În clasa H (180°C) periile se uzează foarte repede. Uzura în clasa B nu este excesivă. Azi există perii care nu se uzează excesiv nici la 150°C în mașini izolate cu silicone. Prezența vaporilor de silicone face ca periile să depună un depozit negru pe colectorul mașinilor închise . Același lucru se poate întîmpla și la mașinile deschise funcționînd în spații reduse cu atmosferă de vapori de silicone. Pentru ca uzura periilor în motoarele cu izolație siliconică să fie redusă, se recomandă următoarele :

1) lacul siliconic trebuie uscat îndelung la 200° C ;

2) evitarea benzilor și cablurilor cu silastic ; acestea au o tendință accentuată de a elibera vapori care accelerează uzura periilor ;

3) periile trebuie alese corespunzător ; o perie bună va rezista într-un motor închis de clasa B (130°C). Se va alege o perie specială pentru 130—150°C ;

4) motorul să nu funcționeze peste 150°C.

Aceste condiții au fost confirmate de experiențele efectuate. O perie care a rezistat mai bine a avut 1 1/2 ori uzura normală la 150°C, 2 ori normală la 175°C, 3 1/2 ori normală la 200°C. Se consideră uzură normală a periei 1/10 mil (0,00254 mm) pe oră. Într-o exploatare un motor capsulat proiectat pentru sarcină permanentă de 50 CP a fost încărcat la 77 CP. El avea izolație de clasă B și s-ar fi ars în cîteva săptămîni. Adăugîndu-i-se un ventilator și perii corespunzătoare, a putut fi exploatat chiar la 150°C.

A. S.

CZ 621.313.32.002.2

Evoluția și progrese recente în construcția mașinilor rotative mari. [După *S. Kohn* : Bull. Soc. franç. Électr. (1960) 2, 65—71, 12 fig.].

Se trec în revistă cele mai semnificative construcții franceze comentîndu-le pentru a demonstra potențialul tehnic și capacitatea de producție la care s-a ajuns în ultimii ani. Creșterea în ultimii ani a puterii unitare a mașinilor a fost posibilă numai datorită îmbunătățirii procedeelor de răcire și a progreselor în metalurgie în ce privește calitățile metalelor. Astfel, în domeniul turboalternatoarelor pentru centralele termice, creșterea puterii pe unitate ajunge la valori de 100 și 125 MVA încă din 1955. Începînd cu 1956 s-a trecut la realizarea turboalternatoarelor de 250 MVA la 12,5 kV, cu statorul răcit clasic iar rotorul răcit cu hidrogen. Pentru mărirea eficacității răcirii cu hidrogen s-a ajuns la presiuni mai mari de 4 kgf/cm^2.

În 1959 erau în curs de construcție mașini de 500 MVA care au răcirea rotorului cu hidrogen, iar răcirea statorului (conductoarelor și pachetului de tole) prin circulație de ulei. Pentru înlăturarea dezavantajelor grupurilor de excitație antrenate independent, în ultimul timp se preferă antrenarea direct de arborele alternatorului prin intermediul reductoarelor.

Construcția hidrogeneratoarelor mari cu axă verticală a beneficiat de asemenea de numeroase perfecționări, mai ales de ordin mecanic, permițînd ridicarea limitelor de putere realizate. Astfel, actualmente e posibilă realizarea unei mașini de 250 MVA la 125 rot/min, sau a uneia de 42,5 MVA la 600 rot/min în timp ce în urmă cu 10 ani o mașină de 70 MVA la 150 rot/min părea un record. Statorul acestor alternatoare cu axă verticală se realizează din bucăți, bobinele separate și montate în centrală.

Problema izolării înfășurărilor indusului s-a rezolvat făcînd apel la rășinile sintetice de tipul polister și epoxi. Sînt semnalate de asemenea soluțiile date pentru alternatoarele centralelor care folosesc mareele și a celor care sînt cufundate cu ansamblu turbină în apă.

Pentru îmbunătățirea factorului de putere, în afară de condensatori, în ultimul timp s-au instalat în aer liber mai multe compensatoare sincrone de 21 MVAr și un număr mai mic decît 60 MVAr. Constructiv, aceste compensatoare au fost simplificate la maximum față de tipurile mai vechi.

Majoritatea mașinilor sînt cu poli aparenți și 1 000 rot/min. pornirea făcîndu-se fără motor de lansare. Cele construite pentru 1 500 rot/min. sînt cu poli înecați iar pornirea este asigurată de un motor asincron sincronizat plasat la capătul axului.

În majoritatea cazurilor, excitarea compensatoarelor se face static utilizînd elemente redresoare, inductanțe saturabile și amplificatoare magnetice.

Dezvoltarea industriei metalurgice, chimice și petrolifere a dus de asemenea la construcții de motoare sincrone și de curent continuu de puteri mari (pînă la 6 500 kW) și turații mici (pînă la 47 rot/min).

621.314.2 *Transformatoare*

CZ 621.314.223.027.8

Autotransformatoare pentru rețele electrice de înaltă tensiune. [După *G.N. Petrov, I.B. Borodulin, S.I. Rabinovici* : Electriceschie Stanții (1960) 7, 47—53, 17 formule, 17 ref. bibl., 5 fig.]

În ultima vreme, autotransformatoarele au căpătat o largă întrebuințare în sistemele energetice, ca urmare a avantajelor esențiale pe care le oferă în raport cu transformatoarele : greutate și gabarite mici la aceeași putere, mărirea puterii limită superioară, ceea ce permite construirea de grupuri unitare puternice și ca urmare simplificarea schemei de comutație, posibilitatea de reducere a supratensiunilor interne etc.

Construirea autotransformatoarelor pune însă unele probleme de a căror rezolvare se ocupă articolul. Astfel, autotransformatoarele îngreuiază realizarea protecției prin relee în ceea ce privește scurtcircuitul monofazat, fapt care conduce la utilizarea lor numai în rețelele cu curent mare de punere la pămînt, pun problema măririi numărului de spire

pentru asigurarea unei reactanţe de scăpări suficient de mare, face necesar măsuri speciale pentru împiedicarea încălzirii excesive a construcţiilor metalice, cum şi pentru stingerea armonicii trei etc.

Reglarea tensiunii şi distribuirea sarcinii curenţilor în autotransformatoarele cu mai multe înfăşurări constituie o preocupare a autorilor în articolul de faţă; autorii stabilesc ecuaţiile care determină curenţii şi tensiunile în diferite înfăşurări ale autotransformatorului, presupunînd diferite regimuri de funcţionare.

În încheiere se arată problemele care mai trebuie studiate (supratensiunile, tensiunile mecanice în înfăşurări, construcţii pentru reglarea tensiunii, mărirea cîmpului magnetic) pentru elucidarea definitivă a posibilităţii de utilizare economică a autotransformatoarelor.

P. B.

CZ 621.314.2.014.32

Cercetarea experimentală a forţelor de scurtcircuit şi a cîmpurilor magnetice ale unui transformator trifazat. [După *J. Kulda, J. Adam*: Acta Technica (C.S.R.) **5** (1960) 3, 277—298, 17 fig., 8 tab, 11 ref. bibl.]

La un transformator monofazat cîmpul nu este uniform distribuit de-a lungul periferiei înfăşurării din cauza simetriei circuitului magnetic. Cîmpul maxim se găseşte în fereastra transformatorului. Excepţie face înfăşurarea interioară la înfăşurările cu amperspire compensate, unde cîmpul maxim se află în afara ferestrei. Această neuniformitate a distribuţiei cîmpului este încă accentuată de faza vecină. La înfăşurări cu înălţimi diferite, ca şi la înfăşurarea exterioară cu amperspire compensate, faza vecină amplifică cîmpul radial; la înfăşurarea interioară de acest din urmă tip ea slăbeşte cîmpul. Faza vecină roteşte vectorul intensităţii cîmpului spre vectorul curentului, ceea ce influenţează variaţia în timp a forţei. Unghiul de rotaţie variază de-a lungul înfăşurării. Cîmpul din fereastra transformatorului şi influenţa fazei vecine, calculate după relaţiile indicate în articol, au fost verificate prin măsurători. Influenţa maximă a fazei vecine se va produce la transformatorul monofazat cu miez, la care cîmpul înfăşurării proprii şi al celei vecine se adună algebric. Calculul forţei axiale dintr-o relaţie care conţine lungimea liniei medii de dispersie nu este suficient de exact, şi de aceea nu poate fi folosit decît informativ. Pentru înfăşurările compensate nu se poate aplica în nici un caz această metodă. Calculul pe baza legii Biot-Savart a fost verificat prin măsurători. În scopul determinării forţei axiale totale, această metodă poate fi completată prin calcularea variaţiei cîmpului radial, dar la sisteme complicate de înfăşurări se complică şi calculul. Această dificultate poate fi înlăturată prin măsurarea repartiţiei cîmpului de-a lungul înfăşurării. Din măsurătorile efectuate se mai remarcă influenţa variantei de alimentare, a înfăşurării interioare sau exterioare, asupra cîmpului magnetic la scurtcircuit, produsă de permeabilitatea finită a circuitului magnetic. Din măsurători mai rezultă că la încercările de scurtcircuit ale transformatoarelor trifazate acestea pot fi alimentate şi trifazat, momentul scurtcircuitului trebuind să fie ales aşa ca în faza mijlocie (Y) să se poată produce curentul întreg de scurtcircuit. Transformatorul trebuie alimentat în aceeaşi înfăşurare (înfăşurarea primară) ca şi în serviciu.

A.S.

CZ 621.316.262—182.3—742

Staţie de transformare mobilă în construcţie tropicalizată. [După *J.N. Ter-Zakarian*: Vestn. Elektroprom. **31** (1960) 4, 36—38, 3 fig.]

Pentru o putere de 135 kVA cu tensiunea în primar de 6 600 V şi cu tensiunile în secundar de 420 V (pentru instalaţii de forţă) şi 130 V (pentru iluminat), se construieşte o staţie de transformare tropicalizată (STT).

Se ţine seama de condiţiile specifice: temperatura mediului ambiant, umiditatea mărită şi acţiunea destructivă a microorganismelor.

Pentru protejarea (STT) de radiaţia solară, partea superioară este acoperită cu două ferme metalice demontabile, care în timpul transportului sînt lăsate în jos şi servesc la protejarea radiatoarelor de avarieri mecanice. Umezirea uleiului de transformator în condiţiile climatului tropical este împiedicată de filtrul de aer (lucrînd cu gel de siliciu), montat în partea superioară a conservatorului de ulei.

(STT) este acoperită cu cinci straturi de email PHB—714, indicat special pentru condiţii tropicalizate.

Din partea de joasă tensiune a (STT) pleacă: două linii de 80 A şi două linii de 60 A pentru reţeaua de 420 V; la fel cinci linii de 5,7 A şi o linie de 22 A pentru reţeaua de 130 V.

A.B.

CZ 621.314.224.8.014.3

Forţe de scurtcircuit între reductoarele de intensitate. [După *J. Gäber* şi *J. Kleinschmidt*: Elektrie **14** (1960) 5, 166—171, 9, 5 fig., 5 tab., 1 ref. bibl.]

Pentru determinarea forţelor de încovoiere care apar între reductoarele de intensitate la scurtcircuit, s-au efectuat calcule şi măsurători. La reductoarele montate pe bare alăturate, forţele se produc sub acţiunea reciprocă a înfăşurărilor şi a barelor. Pentru bucle conductoare coaxiale circulare şi dreptunghiulare raţionamentul matematic a condus la relaţii exacte relativ simple. Pentru bobine au fost introduse corecţii, care permit un calcul aproximativ. Măsurătorile corespund cu rezultatele calculelor. Forţele au fost măsurate cu un pendul de care era solidarizată o bobină, în timp ce altă bobină era fixă. Deviaţia pendulului cînd bobinele sînt excitate constituie măsura forţei. La un şoc maxim de sarcină de 400 kA şi o distanţă centrică a bobinelor coaxiale de 190 mm, la bobinele experimentale *A* şi *B* pentru reductoare de intensitate din seria 10 au rezultat forţe de 573 respectiv 1 409 kp. Bobinele secundare conectate pe sarcină, precum şi miezurile saturate la şocuri mari de curent slăbesc doar neînsemnat acţiunea reciprocă a bobinelor primare. Pentru rezistenţa la forţele produse în înfăşurări şi în bare se pun condiţii deosebit de severe în construcţia reductoarelor. De asemenea, la locul de montare reductoarele trebuie fixate solid. Încercarea dinamică individuală a reductoarelor de intensitate executată pînă în prezent, trebuie deci completată prin încercări în montaj paralel corespunzătoare condiţiilor reţelei respectiv printr-o determinare specială a rezistenţei la încovoiere, căci reductoarele trebuie să îndeplinească şi funcţiile izolatoarelor de susţinere.

A. S.

621.316.5 *Materiale izolante*

CZ 621.315.6

Corpuri izolante din materiale ceramice pentru aparataj de înaltă tensiune. [După *K. Reber*: Deutscher Export-Elektrotechnik (1960) 4, 37—38, 2 fig.]

Corpurile izolante din porţelan dur sînt folosite în construcţia aparatajului de înaltă tensiune pentru izolarea electrică, susţinerea mecanică şi protecţia contra intemperiilor a părţilor sub curent şi tensiune. Componentele porţelanului contribuie la proprietăţile acestuia. Argila sau caolina fiind plastică, determină contracţia şi defectele legate de ea. Feldspatul este fluantul care formează masa vitroasă. Cuarţul măreşte stabilitatea termică a unui material ceramic. Scopul piesei impune proprietăţile în care aceste trei componente intră în amestec formînd un sistem ternar. Proprietăţile porţelanului tare sînt influenţate şi de multe elemente tehnologice: granulaţia materiei prime, prelucrarea, puritatea apei de amestec, uscare, ardere, răcire etc. Pentru întreruptoare sînt necesare corpuri izolante cu excelente proprietăţi mecanice. Rezistenţa mecanică depinde în special de formarea în timpul arderii a cristalitelor de mulită, care dau o structură cristalină foarte întreţesută, fină şi rezistentă. Se mai produce şi o transformare a cuarţului în tridimită şi în cristobalită. Această transformare a amestecului în porţelan se face la 1 400°C, peste care porţelanul nu mai este reversibil în materiile prime iniţiale. La determinarea formei şi dimensiunilor unui izolator este necesar să se respecte condiţiile pentru rezistenţa corpului ceramic crud şi în timpul arderii. Este important pentru arderea în picioare raportul diametru/lungime, care trebuie să fie cuprins între 1 :4 şi 1 :6. Corpurile izolante tubulare de dimensiuni mai mari trebuie

arse suspendate, prevăzîndu-se un „cap pierdut". Nu trebuie depăşită o grosime a pereţilor de 60 mm. Pînă la tensiunea 380 kV cilindrii pot fi confecţionaţi dintr-o singură bucată. Verificarea defectelor de structură se face cu ultrasunete ca încercare de serie. Încercarea corpurilor izolante pentru întreruptoare cu gaz sub presiune se face prin aplicarea unei presiuni interioare.

A.S.

CZ 621.315.61—418 :678.64

O nouă bandă izolantă din silicon. [După ETZ—B : **12** (1960) 13, 328.]

Datorită calităţilor lor deosebite, siliconii s-au introdus repede în tehnica izolaţiei. S-au dezvoltat în special benzi de cauciuc siliconic vulcanizate sau semivulcanizate, cu sau fără ţesătură de sticlă, cu putere mare de aderenţă (lipire). Sînt descrise benzile cu solicitări ridicate. Astfel se remarcă o bandă destinată în special pentru izolarea bobinajelor din statori la agregatele Diesel electrice, pentru bobine magnetice cu temperaturi înalte sau pentru bobinajele transformatoarelor. Atît această bandă cît şi o alta destinată rotoarelor fac parte din categoria de izolaţie H şi se fabrică în cinci grosimi între 0,25 şi 0,76 mm. Rezistenţa de străpungere măsurată după ASTM—D este de 158—198 kV/cm de la —56°C pînă la +250°C.

O altă bandă fără ţesătură de sticlă se utilizează la cabluri şi are o rezistenţă de 590—670 kV/cm.

Benzile avînd o lăţime de 19—38 mm sînt prevăzute cu o linie albă, care face posibilă comanda automată la înfăşurări.

G.C.

Cronică

Sesiune asupra problemelor teoretice şi practice privitoare la automatizările industriale

C.Z. 061.2 : 621—35

Comisia de Automatizare de pe lîngă Academia R.P.R. a organizat în ziua de 13 octombrie 1960 o sesiune de comunicări şi discuţii asupra problemelor teoretice şi practice actuale privind automatizările industriale.

Sesiunea a fost deschisă printr-o scurtă cuvîntare a tov. Academician prof. *I.S. Gheorghiu*, vicepreşedinte al Academiei R.P.R., care a arătat scopul sesiunii de a oglindi ultimele progrese realizate în ţară în domeniul automatizărilor industriale şi a salutat participanţii din U.R.S.S. şi R.D.G. între care se află cunoscutul specialist sovietic în studiul schemelor cu relee şi contacte prof. *N.A. Gavrilov*.

La sesiune s-au prezentat 27 comunicări cu caracter original, care se pot împărţi în trei categorii :

1. Lucrări şi echipamente de automatizare în industrie realizate şi aplicate sau în curs de aplicare.

2. Lucrări privind teoria reglării automate şi a circuitelor din maşini automate de calcul.

3. Lucrări privind teoria schemelor cu contacte şi relee.

În prima grupă s-au prezentat următoarele comunicări :

1. *M. Hăngănuţ* şi *C. Miron* : Calculator analogic de mică proporţie şi rezolvarea prin modelare analogică a cîtorva probleme tehnice.

2. V. Mikloşi : Asupra unui sistem de automatizare a maşinii de sudat şine prin topire intermediară.

D. Damsker, G. Weinrich, I. Landau, C. Brana : Blocul de reglare automată şi tranzistoare pentru acţionări electrice.

Al. Fransua : O metodică de proiectare a servomotorului bifazat cu rotorul în formă de pahar.

Gh. Ioniţă : Automatizarea staţiilor de redresare în transportul urban în R.P.R.

D. Damsker, G. Weinrich, I. Landau, C. Brana : Acţionarea reversibilă cu reglare optimală în cascadă a curentului şi turaţiei.

*

În grupa a doua se pot încadra comunicările :

D. N. Nestorescu : Metode statistice expeditive pentru calculul caracteristicii dinamice de frecvenţă. Funcţia de transfer echivalentă a unui sistem neliniar.

C. Varaca şi *M. Leon* : Contribuţii la sinteza reţelelor corectoare active.

A. Avramescu şi *M. Leon* : Noi criterii pentru caracterizarea comportării la transfer a sistemelor automate.

V. M. Popov : Criterii de stabilitate pentru sistemele automate conţinînd elemente neunivoce.

S. Călin : Sinteza directă a reţelelor derivative de corecţie serie prin metoda hodografului rădăcinilor.

V. Cleja : Filtre optime neliniare.

Fl. Stănciulescu : Asupra sistemelor de reglare neliniare.

Din grupa a treia amintim comunicările :

Prof. *M.A. Gavrilov* : Scheme cu relee şi contacte cu o mare siguranţă de funcţionare

Gr. Moisil : Problema sintezei circuitelor cu criotroni.

S. Rudeanu : Asupra echivalenţei multipolilor.

P. Constantinescu. Analiza unor circuite din maşinile de calcul.

I.I. Purica : Asupra siguranţei de funcţionare a schemelor de protecţie utilizate la reactorii nucleari.

Sesiunea a dovedit nu numai interesul pe care-l prezintă problemele de automatizare, dar a arătat că la noi în ţară s-au realizat progrese concrete în acest domeniu şi că dispunem de o serie de specialişti, cercetători şi proiectanţi care pot să dea soluţii şi metode noi pentru tratarea şi rezolvarea problemelor respective. Deci trebuie să se ajungă la o şi mai amplă aplicare în concret a automatizării în industrie cu scopul de a sprijini acţiunea largă de introducere a tehnicii noi în toate sectoarele productive.

Dr. ing. **Aurel Avramescu**

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU, prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, prof. dr. ing. A. AVRAMESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R. (redactor responsabil), ing. V. BUNEA, laureat al Premiului de Stat, prof. dr. ing. V. CORLĂTEANU, ing. ŞT. GROSU conf. ing. GH. HORTOPAN, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. G. LAZARIDE, prof. dr. ing. R. RĂDULEŢ, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat.

Revista „ELECTROTEHNICA", organ al Asociaţiei Ştiinţifice a Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. şi al Ministerului Industriei Grele. Editor : Asociaţia Ştiinţifică a Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. Redacţia şi Casieria : Bucureşti, Str. Ion Ghica, nr. 3. Telefon 14.15.95 Administraţia : Bucureşti, Calea Victoriei, nr. 118. Telefon 14.06.24. Redacţia îşi rezervă toate drepturile privind lucrările precum şi materialul grafic-ilustrativ apărut în revistă, cît şi privitoare la traducerea în limbi străine. Se admit extrase, referate sau comentarii numai cu indicarea completă a sursei. Revista apare lunar. Abonamentul anual : pentru întreprinderi lei 100, individuale lei 30. Preţul unui exemplar : lei 5. Abonamentele se primesc la administraţia revistei, la sediile filialelor ASIT precum şi la responsabilii cu presa din cercurile ASIT. Instituţiile pot achita abonamentele pentru bibliotecă şi cabinetele tehnice în contul nostru de virament : Publicaţiile Tehnice ASIT-070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin Bucureşti. Tiparul : Întreprinderea Poligrafică nr. 2.—c. 4241.

CĂRȚI DE SPECIALITATE DIN R. D. GERMANĂ

vor fi expuse între 13 și 30 ianuarie 1961 în București în sălile reprezentanței noastre comerciale. Din bogata colecție, ce va fi prezentată de editura noastră, vă recomandăm:

Dr. ing. FRANTISEK KASPAR:
THERMOBIMETALLE IN DER ELEKTROTECHNIK
(TERMOBIMETALE ÎN ELECTROTEHNICĂ)
Traducere din limba cehă
372 pag., 341 fig., 14 tabele, legată în imitație de piele, 58 DM

Dr. E. G. BOWEN:
RADAR. GRUNDLAGEN UND ANWENDUNG
(RADAR. PRINCIPII ȘI UTILIZĂRI)
Traducere din limba engleză
494 pag., 365 fig., 11 tabele, legată în imitație de piele, 46 DM

L. A. MEJEROWITSCH, L. G. SELITSCHENKO:
IMPULSTECHNIK
(TEHNICA IMPULSURILOR)
Traducere din limba rusă
680 pag., 701 fig. legată în imitație de piele, 58 DM

S. RAMO, J. R. WHINNERY:
FELDER UND WELLEN IN DER MODERNEN FUNKTECHNIK
(CÎMPURI ȘI UNDE ÎN RADIOUL MODERN)
Traducere din limba engleză
592 pag., 247 fig., completare detaliată cu 447 probleme și rezolvări, legată în pînză, 64 DM

Dr. ing. KLAUS LUNZE:
BERECHNUNG ELEKTRISCHER STROMKREISE
(CALCULUL CIRCUITELOR ELECTRICE. PRINCPII ȘI PROBLEME) (Ediția a doua)
376 pag., 328 fig., legată în imitație de piele, 29,80 DM

Dr. ing. ANDRZEJ KAMINSKI:
STABILITÄT DES ELEKTRISCHEN VERBINDBETRIEBS
(STABILITATEA EXPLOATĂRII SISTEMELOR ELECTRICE INTERCONECTATE)
472 pag., 335 fig., 23 tabele, legată în imitație de piele, 39. 20 DM

RUDOLF VOGT:
ELEKTRISCHE WIDERSTÄNDE
(REZISTENȚE ELECTRICE)
252 pag., 104 fig., 48 tabele, legată în imitație de piele, 21 DM

Prof. dr. G. MIERDEL, dr. ing. J. KROCZEK:
SELENGLEICHRICHTER
(REDRESOARE CU SELENIU)
476 pag., 335 fig., 41 tabele, legată în imitație de piele, 35 DM

VEB VERLAG TECHNIK — BERLIN
DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK

Publicațiile Tehnice ASIT

Revistele tehnice elaborate de Asociația Științifică a Inginerilor și Tehnicienilor, în colaborare cu ministerele interesate aduc la cunoștință cadrelor tehnice din producție, învățămînt, cercetare și proiectare, ultimele realizări obținute în științele tehnice din țară și străinătate.

APAR:

AUTOMATICA ȘI ELECTRONICA
CELULOZĂ ȘI HÎRTIE
ELECTOTEHNICA
ENERGETICA
HIDROTEHNICA
INDUSTRIA LEMNULUI
INDUSTRIA TEXTILĂ
INDUSTRIA UȘOARĂ
METALURGIA ȘI CONSTRUCȚIA DE MAȘINI
PETROL ȘI GAZE
REVISTA DE CHIMIE
REVISTA INDUSTRIA ALIMENTARĂ — PRODUSE ANIMALE
REVISTA INDUSTRIA ALIMENTARĂ — PRODUSE VEGETALE
REVISTA MINELOR
REVISTA PĂDURILOR
REVISTA TRANSPORTURILOR
TELECOMUNICAȚII

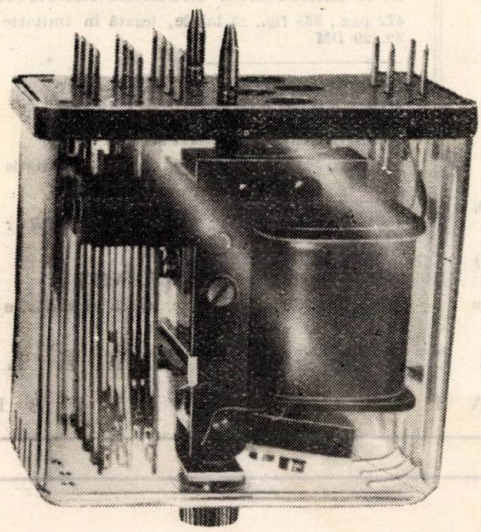
Abonamentul anual pentru ingineri și tehnicieni lei 30 (Revista Metalurgia și Construcția de Mașini lei 48), pentru biblioteci, instituții, cabinetele tehnice etc. lei 100, în contul Publicațiilor Tehnice ASIT 070124 B.R.P.R.-Filiala I. V. Stalin.

București — Str. Ion Ghica Nr. 3 — Raionul T. Vladimirescu — Telefon 14-06-24

Relee intermediare

Releele intermediare, simple şi cu dimensiuni relativ reduse, îşi găsesc, în cadrul automatizării crescînde a industriei, o utilizare tot mai largă în instalaţiile de distribuţie şi comandă. Ele se întrebuinţează în special :

1) la amplificarea şi transmiterea fără întîrziere a unor impulsuri slabe de co-



mandă, cum este cazul la transmiterea valorilor măsurate :

2) la comanda concomitentă a mai multor circuite independente, cînd se emite doar un singur impuls de comandă ;

3) la separarea unor circuite, cu tensiuni sau sisteme de curent diferite.

Întreprinderea de stat „Elektro-Apparate-Werke" (E.A.W.) produce o serie de relee intermediare, destinate unor domenii diferite de utilizare. Avînd o funcţionare aproape independentă de poziţia în care se găsesc şi fiind insensibile la şocuri, ele pot fi utilizate şi pe nave sau vehicule. În funcţie de scopul urmărit prin utilizarea lor, releele intermediare trebuie să posede diferite însuşiri. Pentru alegerea judicioasă a unui releu intermediar se consideră în primul rînd puterea de rupere a pieselor de contact, curentul admisibil din bobinaj şi frecvenţa întreruperilor.

De aceea, releul intermediar RH 21 este indicat pentru comanda directă a magneţilor şi a întreruptoarelor, datorită puterii mari de întrerupere.

Releul intermediar RH 51 are un consum propriu foarte redus, suportînd însă o suprasarcină foarte mare şi fiind astfel indicat pentru amplificarea unor impulsuri slabe de comandă provenite din instrumente cu contacte sau din termometre.

Modelele RH 94 şi RH 100 au puteri de întrerupere mijlocii şi dimensiuni foarte reduse.

Ca elemente componente fără carcasă şi deci indicate pentru montajul în dispozitive automate de comandă şi în diferite aparate se pretează datorită dimensiunilor lor reduse, releele RH 94, RH 95 şi RH 97 ; ultimele două modele se disting printr-o mare frecvenţă de întreruperi admisă. Modelul RH 94 se execută doar pentru curent alternativ, celelalte două modele putînd fi utilizate atît la curent continuu cît şi la curent alternativ. În plus releul RH 94 poate fi înzestrat şi cu o clapă oscilantă sau cu un indicator optic servind la indicarea poziţiei de serviciu.

Noul releu RH 97 cu multiplele sale organe de contact — 6,8 sau 12 comutatoare — şi cu dimensiunile sale relativ mici, este deodebit de indicat pentru montajul în dulapuri de distribuţie, cutii cu relee etc. necesare la construcţia instalaţiilor de comandă automată.

E.A.W. mai construieşte apoi modelul RH 95 ca releu uşor interşanjabil cu soclu de contact şi cu clapă transparentă de polistirol. El se aşază pe o placă cu bucşe pentru racorduri prin lipire şi este ţinut printr-o piesă oscilantă. Dacă se prevăd mai multe relee unul lîngă altul, acestea pot fi scoase şi înlocuite cu ajutorul unui buton fixat prin înşurubare. Timpul de răspuns este de circa 20 ms, frecvenţa de întrerupe ripînă la 11 000 de operaţii pe oră, iar durata de viaţă 10 milioane de operaţii.

Modelul RH 100 este un releu de curent continuu cu 3 sau 4 contacte comutatoare şi se furnizează în carcasă neagră din material izolant sau ca element component fără carcasă. La comandă ambele forme de execuţie pot fi prevăzute şi cu semnalizare optică sau cu clapă oscilantă. Datorită dimensiunilor sale deosebit de reduse şi frecvenţei mari de întrerupei, acest releu este indicat, ca şi modelele descrise mai sus pentru construcţie instalaţiilor de comandă automată.

INHALTSVERZEICHNIS

Crişan I.: **Die Elekro-Industrie, ein wichtiger Faktor zur Vollendung des Planes der Elekrizitätsversorgung**
Electrotehnica **8** (1960) 12, 405–408

DK 621.313.322—81.621.3.017.7
Nicolaide A.: **Erwärmung der massiven Rotoren der synchronen Maschinen bei asynchronischen Funktion**
Electrotehnica **8** (1960) 12, 409–416

Untersucht wird die Erwärmung massiver Rotoren von Synchronmaschinen in asynchronem Übergangsbetrieb und zwar beim asynchronen Anlauf oder bei asymetrischer Belastung. Einfache Berechnungsverfahren werden ausgearbeitet, die in der Fachliteratur nicht angegeben sind und welche die Erwärmung der Rotoren unter den erwähnten Betriebsbedingungen, zu bestimmen gestatten. Somit kann beurteilt werden, ob der asynchrone Übergangsbetrieb einer Synchronmaschine mit massiven Rotor, in bezug auf die Erwärmung des Rotors, statthaft ist oder nicht. Ferner werden die Ergebnisse der Berechnung mit den Ergebnissen der Versuche verglichen, wobei eine genügende Übereinstimmung festgestelt wird.

DK 621.316.57.018.33
Hortopan Gh.: **Netzmodell zur Untersuchung von Ausgleichsvorgängen**
Electrotehnica **8** (1960) 12, 417–425

Folgende an die Betriebsweise der Hochspannungsschalter geknüpfte Probleme werden dargelegt:
— die theoretische Grundlage zur Begriffsbestimmung der Ausschaltleistung eines Schalters;
— die Möglichkeiten zur Bestimmung der Schwankungen der wiederkehrenden Spannung an den Schalterklemen;
— die theoretische Grundlage der dynamischen Modellierung eines Netzes, mit dem Zweck, die Schwankungen der Ausgleichspannung wiederzugeben;
— Vorschläge zum Erzielen eines dynamischen Netzmodells zur Untersuchung des Ausgleichsvorgangs nach Schaltvorgängen.

DK 621.316.5.066.6.621.315.5
Avramescu A., Barbu I., Fugaru C.: **Dauerwiderstandsfähige Werkstoffe für Unterbrechungskontakte**
Electrotehnica **8** (1960) 12, 426–436

Nach einem kurzem Überblick über die wachsenden Beanspruchungen, denen die elektrischen Kontakte der Niederspannungs-Schaltgeräte ausgestattet sind, werden die Parameter der Kontaktmetalle und die physikalischen Vorgänge dargelegt, die im Betriebe auftreten. An Hand von Tabellen werden Hinweise auf die Kriterien zur Wahl des geeignetesten Werkstoffs für eine bestimmte Aufgabe angegeben. Ferner werden Forschungsergebnisse über die Struktur und Bau einiger Kontakte aus Metallen, und Legierungen mitgeteilt die im ICET (Forschungsinstitut für Elektrotechnik), durchgeführt wurden.

KURZBERICHTE

DK 621.34 : 677.21.054
Văzdăuţeanu V., Seracin E.: **Einige Probleme des elektrischen Antriebes von Webstühlen**
Electrotehnica **8** (1960) 12, 436–439

Dargestellt werden Forschungen, die sich auf Versuche stützen und folgende Probleme im Zusammenhang mit dem Webstuhlantrieb betreffen:
— Methode zur Angabe des Verlaufs des Drehmomentes und seiner Komponenten an der Welle des Antriebsmotors
— Einfluss der verschiedenen sich bewegenden Teile, auf den Verlauf des Drehmomentes.
— Möglichkeiten zur Herabsetzung des Drehmomentes und zur Annäherung seiner Grenzwerte.

RUNDSCHAU, 439–442

NACHRICHTEN, 442

621.311 PRODUCEREA ENERGIEI

CZ 621.311.1 :621.3.014.3

Zadnik, H. :

Creşterea puterii de scurtcircuit în reţelele de înaltă tensiune şi influenţa ei asupra exploatării instalaţiilor existente. Der Maschinenschaden **33** (1960) 7/8, 133—140, 18 fig., 8 ref.

621.313 MAŞINI ELECTRICE

CZ 313.322.045.7.001.24

Kulik, V. A. :

Metodă pentru calcularea curenţilor din înfăşurarea amortizoare a maşinilor sincrone. Elektricestvo **81** (1960) 9, 53—59, 3 fig., 1 tab., 4 ref.

CZ 621.313.333.2.044.52.001.24

Kuţevalov, V. M. :

Metodă pentru calcularea caracteristicilor motoarelor de inducţie cu rotorul masiv. Elektricestvo **81** (1960) 9, 63—67, 7 fig., 6 ref.

CZ 621.313.332.045..33.014.332

Ipatenko, N. R. :

Stabilizarea tranzitorie la sarcini aplicate bruse a maşinilor sincrone şi asincrone sincronizate cu excitaţie compound. Elektricestvo **71** (1960) 9, 59—62, 5 fig., 8 ref.

CZ 621.313.392

Ivobotenko, B. A. :

Motoare pas cu pas. Elektricestvo **81** (1960) 8, 54—**61**, 8 fig., 11 ref.

CZ 621.313.17.011.1

Stolov, L. I. :

Caracteristicile cuplului şi vitezei micromotoarelor de c.c. Elektricestvo **81** (1960) 8, 47—51, 4 fig., 3 ref.

CZ 621.313—181.2.048.1 :620.199 :621.315.61

Abegg, K. :

Încercări de îmbătrînire pentru proiectarea şi aprecierea noilor izolaţii statorice. Bull. Ass. suisse Electr. **51** (1960) 18, 849—856, 9 fig., 14 ref.

CZ 621.313.32.016.1 :621.316.729

Calvi, G. :

Calculul momentelor de şoc la sincronizarea defectă şi scurtcircuitul unei maşini sincrone. Elektrotechn. und Maschinenbau **77** (1960) 18, 407—411, 4 fig., 4 ref.

CZ 621.313 :621.313.(435)

Vallini, A., Guli, F. :

Generator asincron de 7660 kVA. Ingegnere **36** (1960) 8, 717—723, 6 fig.

CZ 621.313.322—81.018.33

Liulko, V. A. :

Parametrii de undă ai turbogeneratoarelor. Elektricestvo **81** (1960) 9, 49—52, 4 fig., 1 tab., 4 ref.

621.314.1/3 TRANSFORMATOARE ELECTRICE

CZ 621.314.223 :744.4

Pesak, F. :

Desenarea corectă a schemei înfăşurărilor unui autotransformator. Elektrotechnik (C.S.R.) **15** (1960) 9, 281—282 4 fig.

CZ 621.314.2.017.3.001.57

Boreau, N.V. :

Modelarea pierderilor produse de fluxul de dispersie al transformatoarelor de mare putere. Elektricestvo **81** (1960) 9, 38—41, 3 fig., 3 tab., 3 ref.

CZ 621.314.2.014.32.001.4

Hrbek, B., Kopecek., J. :

Încercarea la scurtcircuit a transformatoarelor cu înfăşurări în straturi şi cu galeţi. Energetika **10** (1960) 9, 447—450 7 fig., 10 ref.

621.314.5 CONVERSIUNEA ENERGIEI ELECTRICE

CZ 621.314.54

Klimov, N. S. :

O unitate puternică pentru convertirea curentului alternativ în curent continuu. Elektricestvo **81** (1960) 9, 29—34, 6 fig., 7 ref.

621.315 TRANSMISIA ENERGIEI ELECTRICE

CZ 621.315.052.63 :621.395.44

Alsleben, E. :

Evoluţia recentă a tehnicii frecvenţelor purtătoare pe liniile de înaltă tensiune. Elektrizitatswirtschaft **59** (1960) 17, 599—605, 11 fig., 1 tab.

621.315.2/.3 CABLURI ELECTRICE

CZ 621.315.221 : 546.815

Loeschmann, A. :

Evoluţia istorică şi proprietăţile aliajelor de plumb pentru mantalele cablurilor. Erzmetall **13** (1960) 9, 434—441, 3 fig., 5 tab., 9 ref.

621.315.61 MATERIALE IZOLANTE

CZ 621.315.613.1.015.51

Andrianov, K. A., Volkov, V. A., Hvalkovski, A. V. :

Despre natura rigidităţii dielectrice a izolaţiei de mică. Elektricestvo **81** (1960) 9, 73—80, 5 fig., 4 tab., 5 ref.

CZ 621.315.61

Bolz, K. :

Scurt îndreptar asupra materialelor izolante. Die Materialwirtschaft **8** (1960) 13, 18—19.

CZ 621.315.235

Jahn, A. S. :

Determinarea poziţiei şi adîncimii cablurilor şi conductelor acoperite. Industrie-Anzeiger **82** (1960) 69, 1143—1147, 17 fig.

621.316.3/.5 INSTALAŢII. APARATAJ

CZ 621.316.57.064.22

Wegmann, H. :

Protecţia reţelelor şi comanda la reanclanşare. Bull. Ass. suisse Electr. **51** (1960) 19, 893—899, 13 + 4 fig.

CZ 621.316.57.064.22

Wegmann, H. :

Protecţia reţelelor şi comanda la reanclanşare. Bull. Ass. suisse Electr. **51** (1960) 19, 893—899, 13 + 4 fig.

CZ 621.316.573 :621.3.053.24

Meckel, R. :

Protecţia împotriva punerilor la pămînt şi legarea la nul-comparaţie între prescripţiile franceze şi cele germane. Elektrizitatswirtschaft **59** (1960) 17, 582—585.

CZ 621.316.542.2

Un banc de încercare automatizat pentru întreruptoare electroeasnice. Electr. J. **165** (1960) 10, 590—592, 4 fig.

621.316.7 REGLAJ

CZ 621.316.722.1 : 621.314.2

Somov, V. A. :

Un regulator de tensiune cu transformatoare suplimentare. Elektricestvo **81** (1960) 9, 34—38, 6 fig., 5 ref.

621.316.9 PROTECŢIE

CZ 621.316.9 :621.317.38

Pazral, E. :

Un nou mod de asigurare a sensului dinamometrelor electrice. Elektrotechnik (C.S.R.) **15** (1960) 9, 277—280, 8 fig.

CZ 621.316.925.45.027.8 :621.315.052.63

Stimmer, H. :

Protecţia la distanţă a liniilor de înaltă tensiune cu funcţionare reciprocă a întreruptoarelor de-a lungul liniilor cu curenţi purtători. Elektrizitatswirtschaft **59** (1960) 17, 595—598, 4 fig.

CZ 621.316.11.014.3

Costa, R. :

Calculul curenţilor de scurtcircuit. Elettrificazione (1960) 9, 297—302, 3 fig., 2 tab.

CZ 621.316.923.1

Skrotzki, G. A., Peach, N. :

Noile standarde NEM prevăd condiţii severe pentru fuzibile. Power **104** (1960) 8, 71—74, 5 fig.

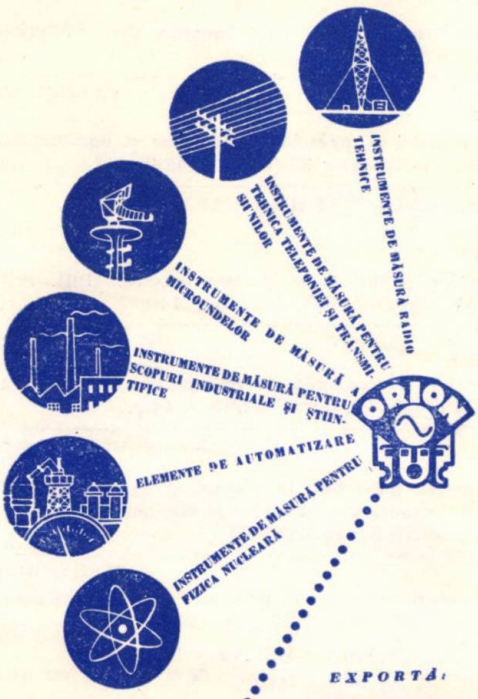
621.317 TEHNICA MĂSURILOR ELECTRICE

CZ 621.316.86 : 761.2

...nkovici, A. M. :

...upensarea erorii de temperatură din instrumentele şi wattrele de inducţie cu ajutorul semiconductoarelor termi...re. Elektricestvo **81** (1960) 8, 76—79, 5 fig., 5 ref.

INSTRUMENTE DE MĂSURĂ ELECTRONICE
pentru toate ramurile științei și industriei



EXPORTĂ:

METRIMPEX

ÎNTREPRINDERE UNGARĂ DE COMERȚ EXTERIOR PENTRU PRODUSELE INDUSTRIEI DE INSTRUMENTE

Adresa pentru scrisori: BUDAPESTA, CĂSUȚA POȘTALĂ 202 UNGARIA
Adresa telegrafică: INSTRUMENT BUDAPEST

Uzina GRIGORE PREOTEASA

DIN BUCUREȘTI LIVREAZĂ INTERFOANE CU CARACTERISTICILE INDICATE MAI JOS:

Instalația asigură convorbirea între un post central și 10 (20) posturi secundare.

Postul principal poate chema unul, mai multe sau chiar toate posturile secundare simultan prin acționarea cheilor cu buton respective și efectua convorbiri.

Postul secundar poate efectua apel optic și acustic simultan (apelul optic indică postul chemător) iar postul central numai apel acustic.

Sensul de vorbire se schimbă prin apăsarea tastei de convorbire.

Amplificatorul debitează la ieșire o putere de 8 W cu distorsiuni mai mici de 10%.

Instalația are reglaj de volum și corector pentru minim de zgomot de fond.

Alimentarea se face la rețeaua de 120 V sau 220 V, 50 Hz consumînd aproximativ 60 V.A.

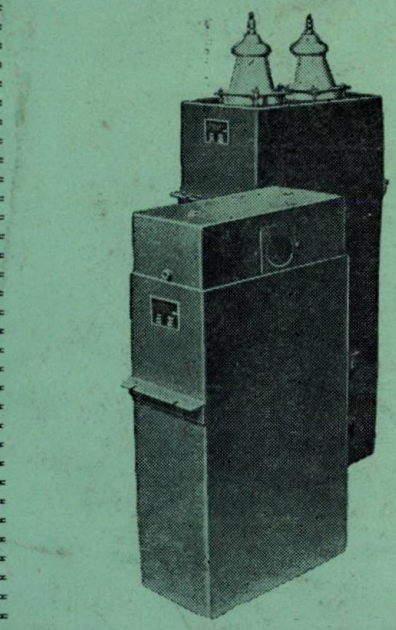
Conectarea postului principal cu posturile secundare se face cu conductori blindați bifilari tip VL mA STAS 1021–56.

Greutatea postului principal este de aproximativ 15 kg, iar a postului secundar aproximativ 1,5 kg.

ENTRU
COMENZI
SE ADRESA
ERVICIULUI
VÎNZĂRI AL

Uzinei GRIGORE PREOTEASA

DIN BUCUREȘTI
CALEA RAHOVEI Nr. 266
Raionul V.I. Lenin ● Tel. 18.34.67



"Elektrim"

vă propune:

Condensatoare statice
pentru ameliorarea factorului de putere cos φ a instalațiilor lucrînd la frecvența industrială.

Execuție de interior

Economie considerabilă de energie electrică în instalațiile de distribuție și de recepție

Ușurință în utilizare

Execuție cu materiale de cea mai bună calitate

PROSPECTE ȘI CATALOAGE LA CERERE

Exportator exclusiv:

SOCIETATEA POLONEZĂ CU RESPONSABILITATE LIMITATĂ PENTRU COMERȚUL EXTERIOR DE ECHIPAMENT ELECTROTEHNIC

"Elektrim"

VARȘOVIA 2, CZACKIEGO 15/17, POLONIA
TELEFON 6-62-71; TELEX: 10415
TELEGRAME: ***Elektrim*** – VARȘOVIA
CUTIA POȘTALĂ 254

LEI 5